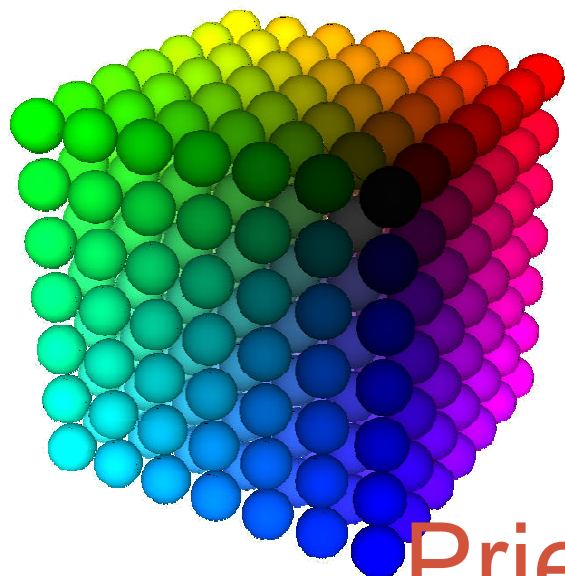
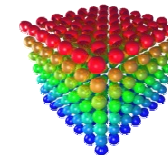


© 2014



Stereoskopia

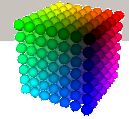
a

Priestorové zobrazovanie

doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.

Katedra počítačov a informatiky

FEI TU Košice

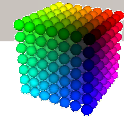


Stereoskopické videnie

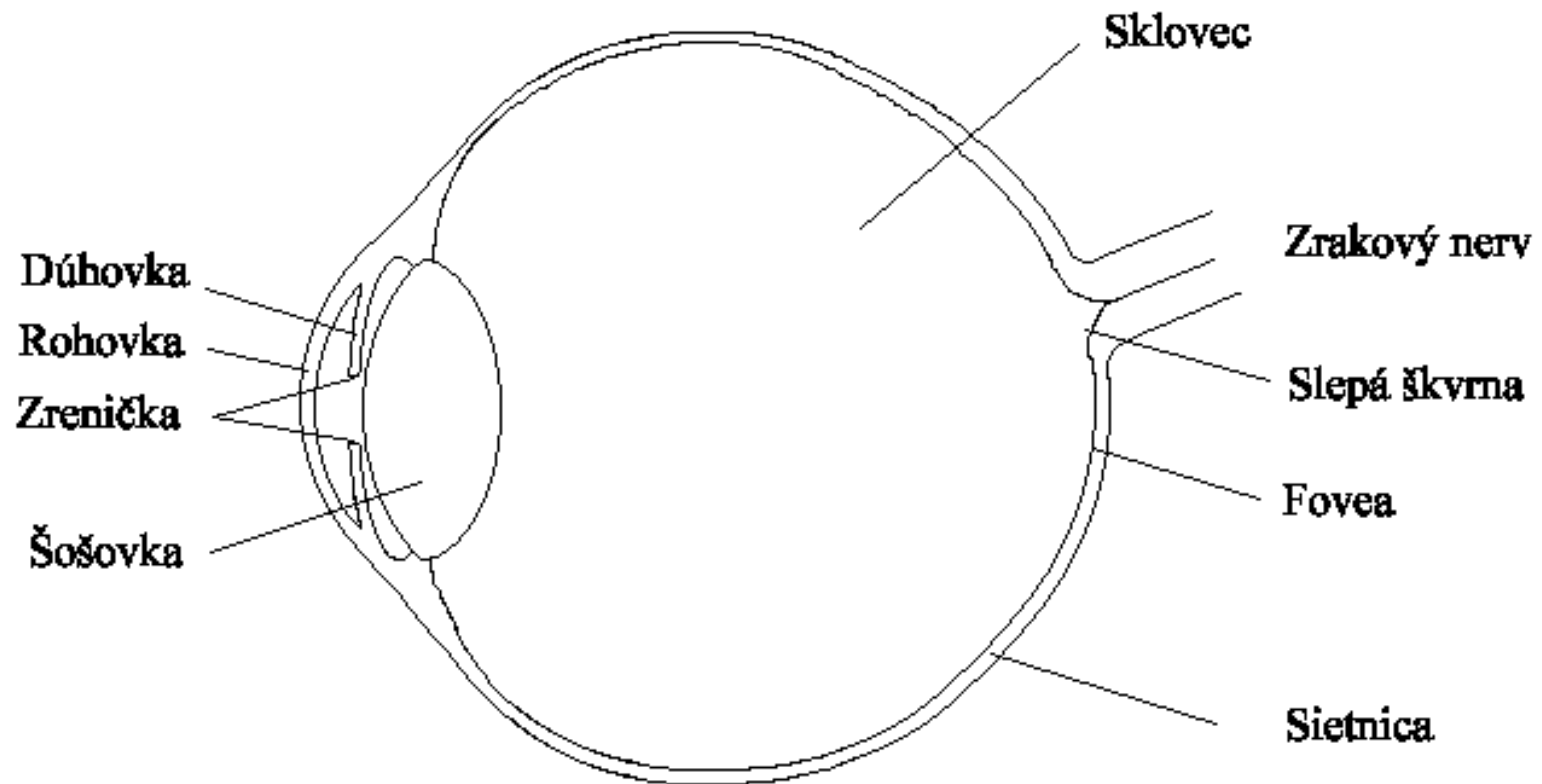


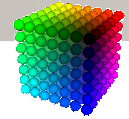
Stereoskopické videnie je jednou zo základných vlastností a schopností ľudí a tiež aj mnohých iných foriem života na Zemi





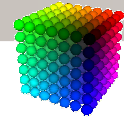
Fyziológia a optické vlastnosti oka





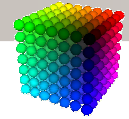
Fyziológia a optické vlastnosti oka

- **Rohovka.** Pri vnímaní svetla, prichádzajúceho z okolitého sveta, prechádza svetlo najprv priehľadnou vrstvou nazývanou rohovka.
- **Dúhovka.** Po prechode rohovkou dopadajú svetelné lúče na jednu z najznámejších častí ľudského oka, na dúhovku. Tá je známa predovšetkým svojou farbou.
- **Zrenička.** Spolu s viečkami tvorí zrenička regulátor množstva svetla prichádzajúceho do oka. Je to malá čierna kruhová plocha, ktorú vidíme uprostred dúhovky. Pri zmenšení jej priemeru sa zväčší *hĺbka ostrosti* - rozsah vzdialenosti, v ktorej vidíme predmety ostro. Hrá dôležitú úlohu pri mnohých aplikáciách priestorového videnia, presnejšie pri zisťovaní a sledovaní smeru natočenia oka.



Fyziológia a optické vlastnosti oka

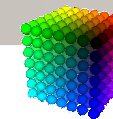
- **Šošovka.** Umožňuje meniť zaostrenie na blízke alebo vzdialené predmety. Pôsobením akomodačného svalu na závesné vlákna šošovky sa jej tvar mení. Keď sa skrátia polomery krivosti šošovky, zväčší sa jej optická mohutnosť. Táto zmena tvaru šošovky umožňuje ostro vidieť vzdialené predmety na sietnici. Obrazy blízkych predmetov by boli až za sietnicou a javili by sa neostro. Ak sa však zväčší vplyv šošovky na chod lúčov (väčším zakrivením jej plôch), potom aj obrazy blízko ležiacich predmetov budú na sietnici ostré. Čím väčšia je vzdialenosť predmetov, tým menšie je zakrivenie plôch šošovky. Prispôsobivosť šošovky na pozorovanie rozlične vzdialených predmetov sa nazýva **akomodácia**. Akomodačná schopnosť sa stráca s pribúdajúcim vekom.
- **Sietnica.** Nakoniec sa svetlu do cesty postaví sietnica, ktorá je naň veľmi citlivá. Predstavuje plošné rozvetvenie očného nervu. Má veľmi zložitú vrstevnatú štruktúru a tu zároveň dochádza k prvému spracovaniu obrazu. Svetlo dopadá na množstvo svetlocitlivých prvkov, nazývaných fotoreceptory. Tie sú dvoch druhov, **tyčinky** a **čapíky**



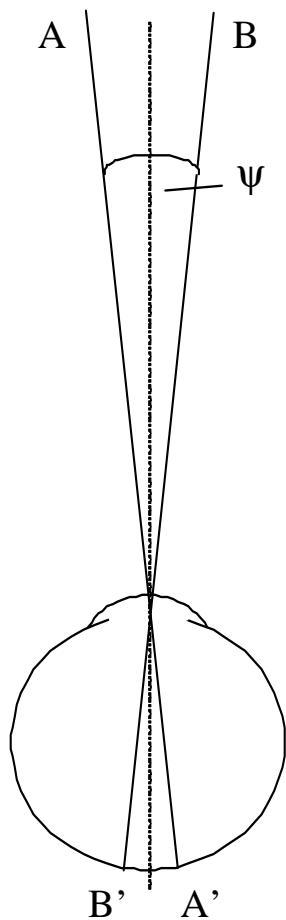
Rozlišovacia schopnosť oka

Je to najmenšia uhlová vzdialenosť γ dvoch bodov, ktoré okom vidíme oddelene, t.j. oko tieto dva body ešte rozozná. Dva body, ktoré vidíme pod menším uhlom splývajú v jeden.

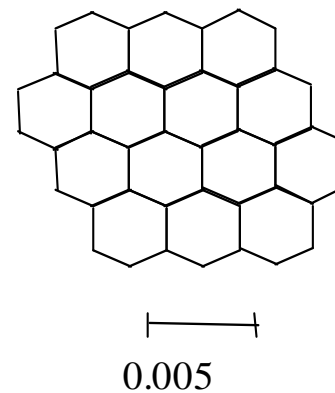
Monokulárna rozlišovacia medza oka býva okolo $60''$, to znamená, že dva body A a B, pozorované v uhlovej vzdialenosti $60''$, na sietnici normálneho oka sa zobrazujú v bodoch A' a B', vzdialených od seba 0.005 mm



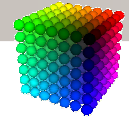
Rozlišovacia schopnosť oka



Rozlišovacia medza oka

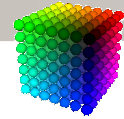


Priečny rez vrstvou čapíkov

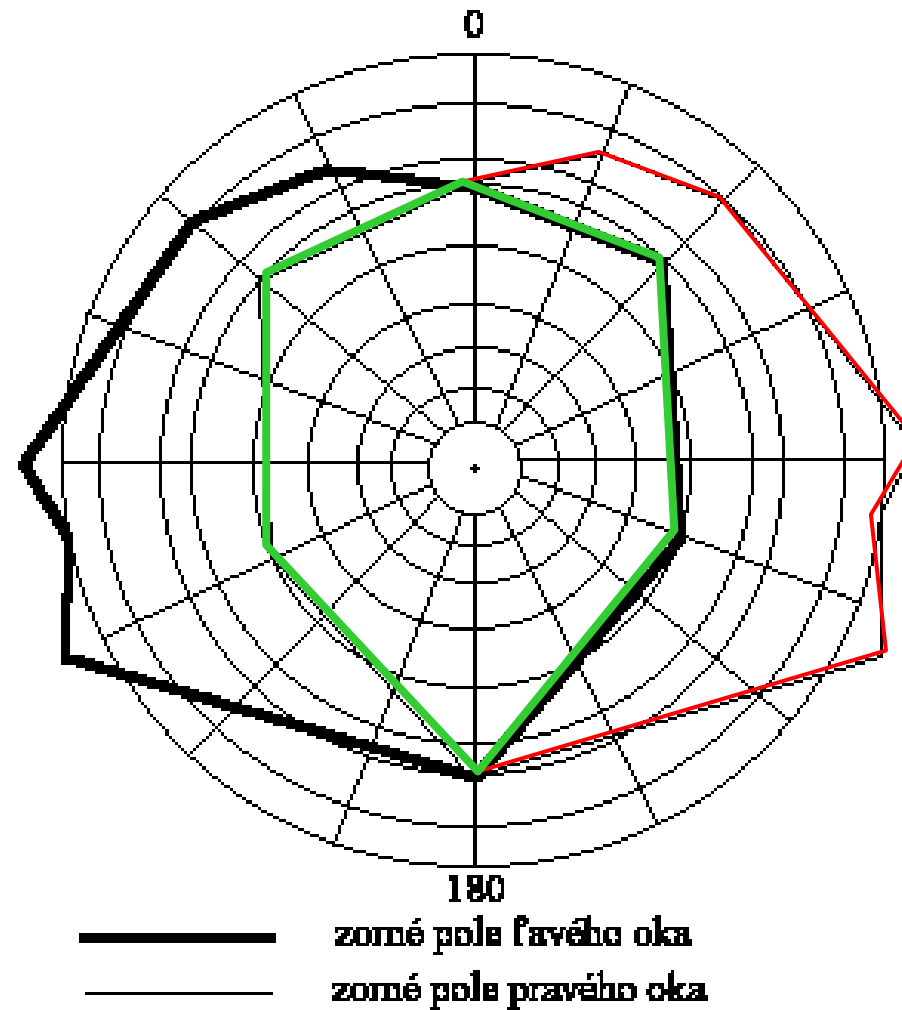


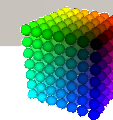
Zorné pole oka

*Zornému poľu oka zodpovedá priestor, ktorý môžeme okom zachytiť bez toho, aby sme zmenili smer pohľadu. Zo zorného poľa zachyteného okom vidíme ostro len malú časť, a to tú, ktorá sa zobrazí do fovey. Je to tzv. *priame videnie*. Ostatné zorné pole patrí do *nepriameho videnia**

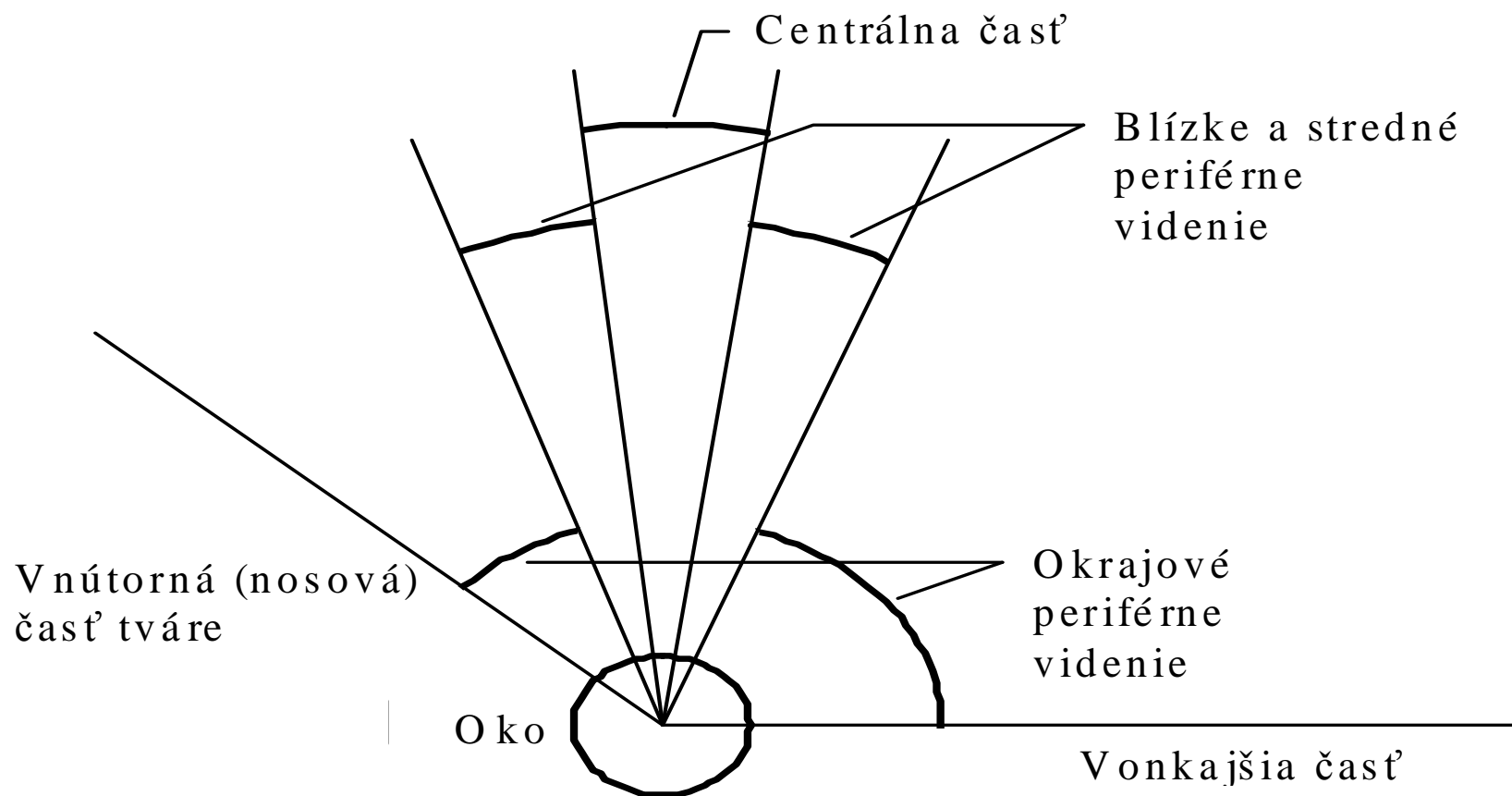


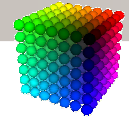
Zorné pole oka



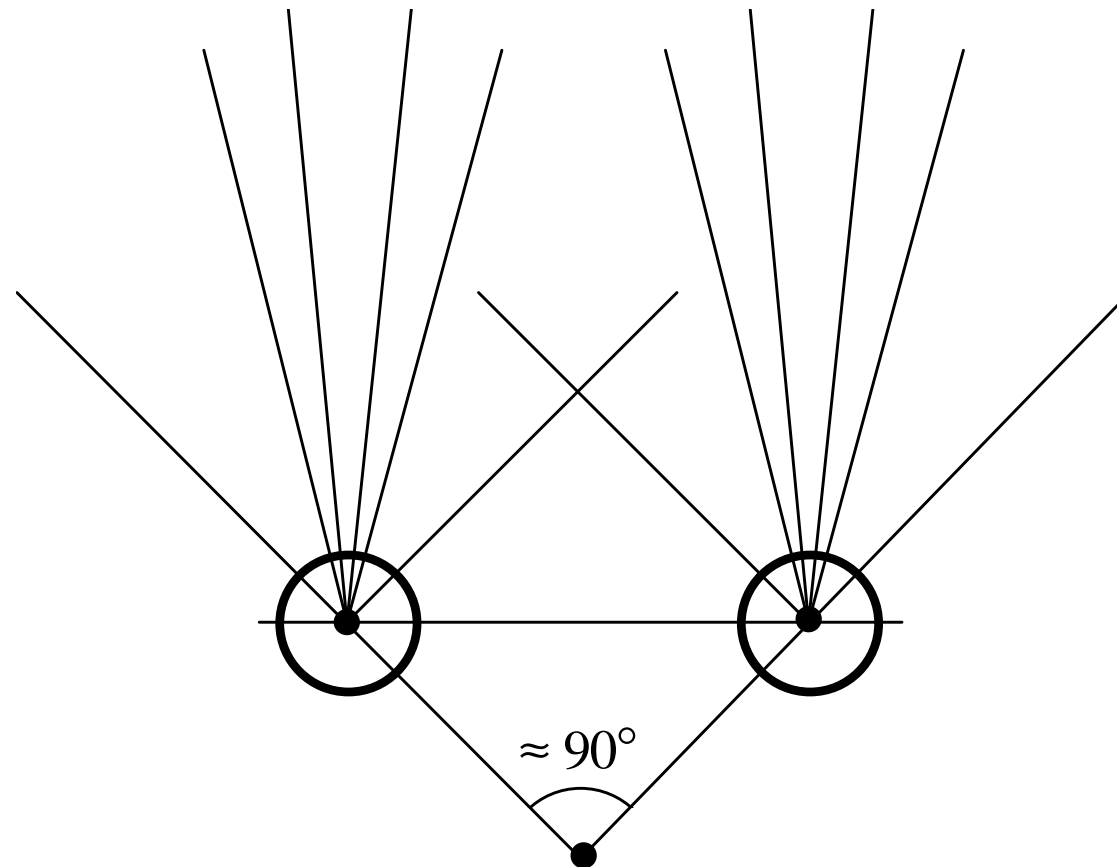


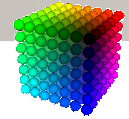
Časti zorného poľa oka





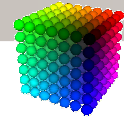
Zorného pole oboch očí





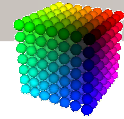
Technológie priestorového zobrazovania

- 2 1/2D projekcia
- Stereogram
- Stereoscopia
- Autostereoscopia
- Real – Depth
- Volumetrické zobrazenie
- Holografia



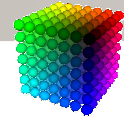
Faktory priestorového zobrazovania

- **2D náznaky (2D cues)** sú vizuálne efekty, ktoré vytvárajú dojem vzdialenosti objektu od pozorovateľa. Vzdialenejšie objekty sú menšie, sú zobrazené vyššie, farby na ich povrchu majú znížený kontrast, jas a saturáciu. Medzi tieto techniky patrí aj *tieňovanie* a prekrytie objektov (viditeľnosť, alfa).
- **pohybová paralaxa (motion parallax)** je možnosť pozorovať scénu z rôznych pohľadov. Posunutím pozorovacieho miesta hore, dole, doprava či doľava vidíme predtým skrytú časť pozorovaných objektov
- **Lineárna paralaxa nekonečna (LPN)** určuje maximálne posunutie oboch obrazov, t.j. vzájomné posunutie objektov v jednom a druhom zobrazovacom poli bude menšie alebo rovné LPN, a to tak, že s narastajúcou vzdialenosťou od objektívov kamier (očí) sa toto posunutie zmenšuje



Faktory priestorového zobrazovania

- **binokulárna disparita (binokular disparity)** poukazuje na skutočnosť, že svet pozorujeme prostredníctvom dvoch navzájom posunutých očí. Každé z očí vidí svet z mierne odlišnej perspektívy.
- **hĺbková disparita (depth disparity)** označuje fakt, že priestorovú informáciu o umiestnení objektov získavame taktiež z fyzickej vzdialenosti pozorovaných objektov od miesta pozorovania. Mozog interpretuje natočenie očí (konvergencia), ktoré je závislé na vzdialenosti objektu, na ktorý je práve zameraná pozornosť. Zaostrenie a natočenie očí na pozorovaný predmet je iné pre bližšie a iné pre vzdialenejšie predmety

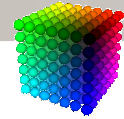


2 1/2D projekcia

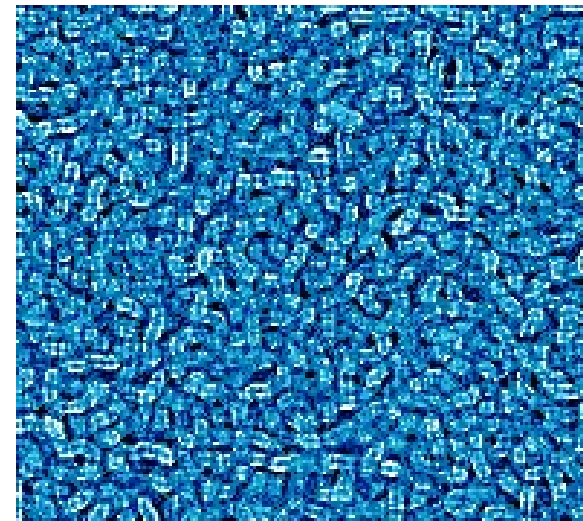
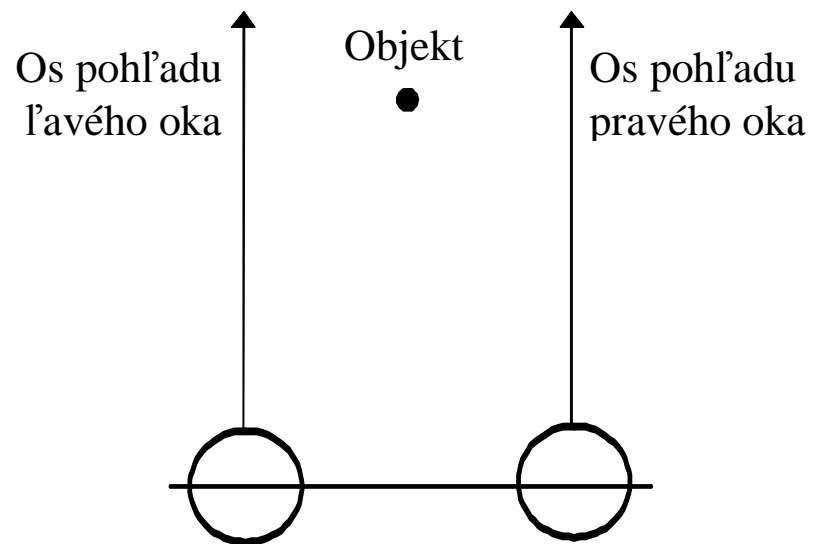
Táto technika priestorovej projekcie, nepatrí medzi skutočné techniky označované ako 3D. Táto technika býva označovaná ako $2\ 1/2D$ a je veľmi dobre známa z bežných 2D obrazov zachycujúcich 3D scénu. Technika rešpektuje iba 2D cues.

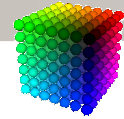
- výhody: možnosť zobrazenia obrazov na bežne dostupných zobrazovacích zariadeniach
- nevýhody: neposkytuje verný vizuálny priestorový vnem



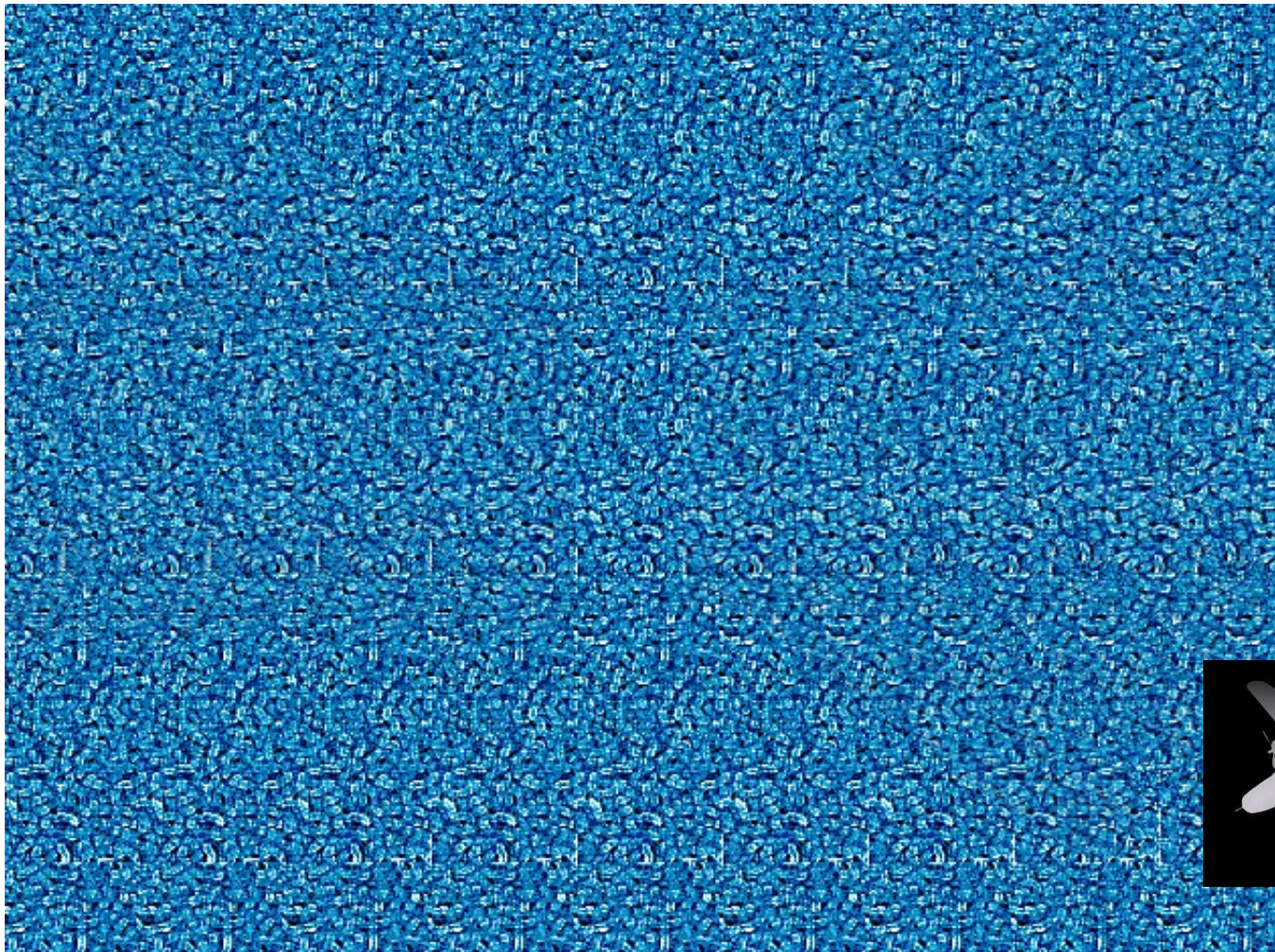


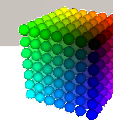
Stereogram



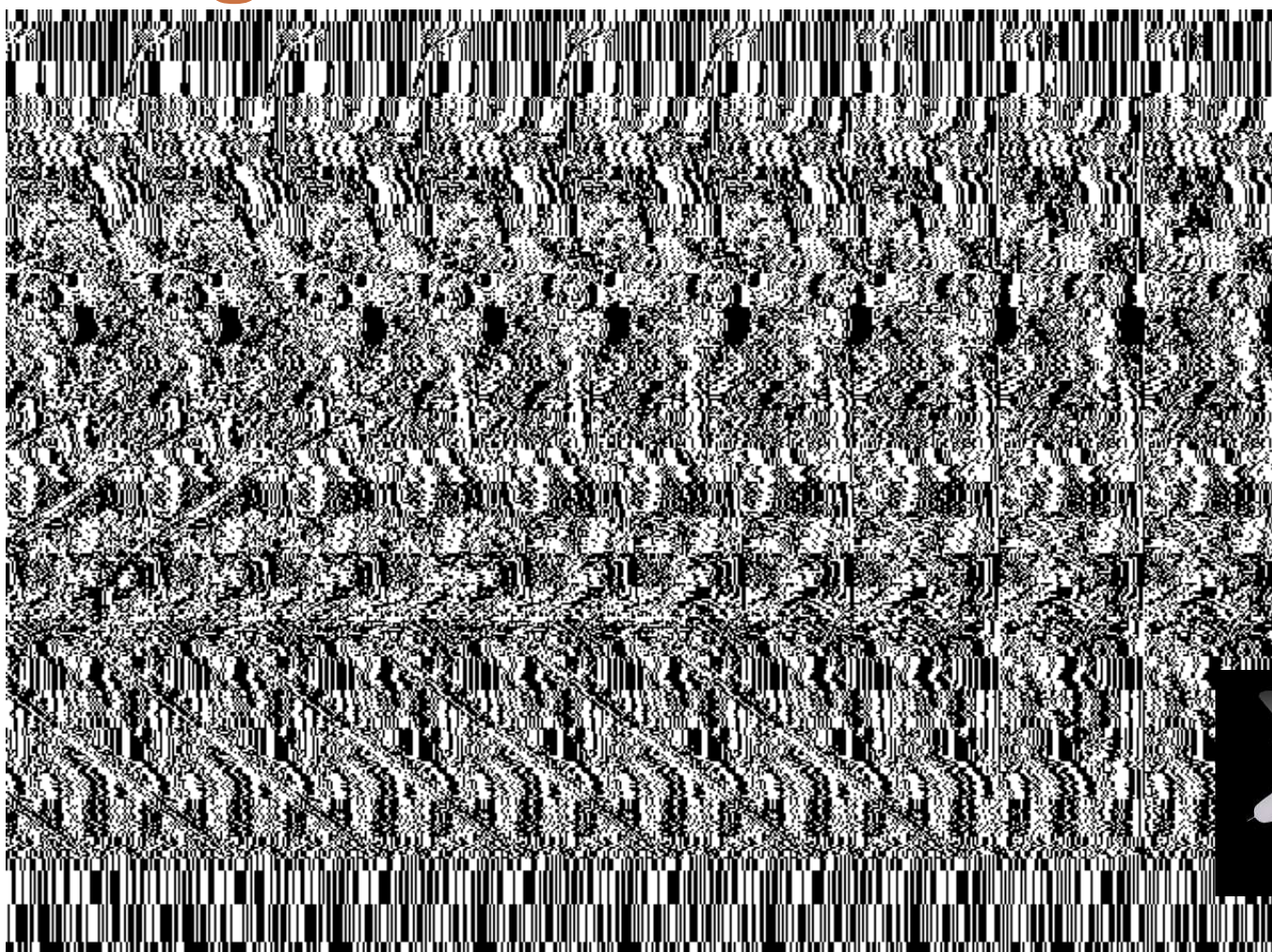


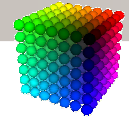
Stereogram





Stereogram

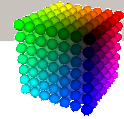




Stereoskopia

Stereoskopická projekcia je založená na princípe zobrazovania iného obrázku do každého oka

- *Tesneviazané*: prostredníctvom určitého špeciálneho zariadenia ako sú okuliare s rôzne farebnými sklami, synchronizované okuliare, polarizačné okuliare, stereoskop, či dátové prilby pre virtuálnu realitu
- *Voľneviazané*: prostredníctvom úprav schopností alebo riadenia zobrazovania zobrazovacieho zariadenia

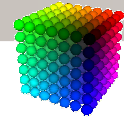


Stereoskopia (Anaglyf)

Anaglyf

je založený na farebnej separácii v RGB farebnom priestore pre každé oko zvlášť

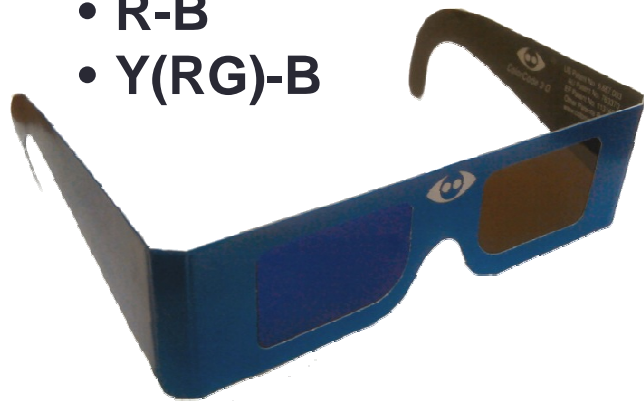
- **výhody:** pomerne efektívne pri nízkych nákladoch (elektronické aj printové zdroje)
- **nevýhody:** vyžaduje pomôcky, výrazne redukuje viditeľný farebný priestor, okuliare alebo stereoskop spôsobuje bolesti očí, hlavy, nevoľnosť, závraty. Nerešpektuje súvislosť akomodácie, konvergencie oka a vzdialenosti predmetu od pozorovateľa.



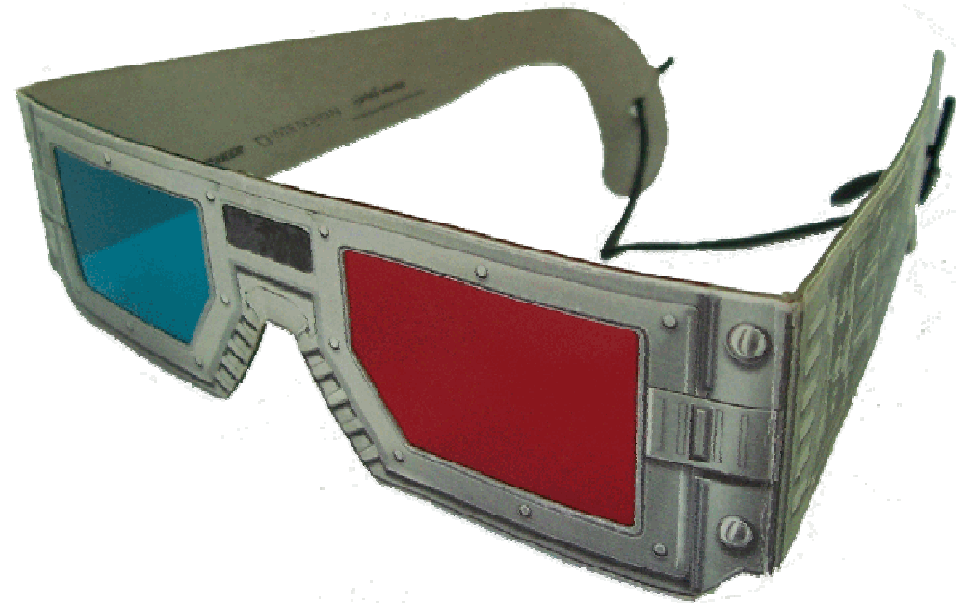
Anaglyfické zobrazenie (Typy)

- **podľa farebnosti výstupu:**
 - *v odtieňoch šedej s využitím len separovaných farebných vrstiev (len hĺbkový vnem)*
 - *farebné*

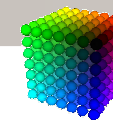
- **podľa použitých zložiek:**
 - R-C(GB)
 - R-G
 - R-B
 - Y(RG)-B



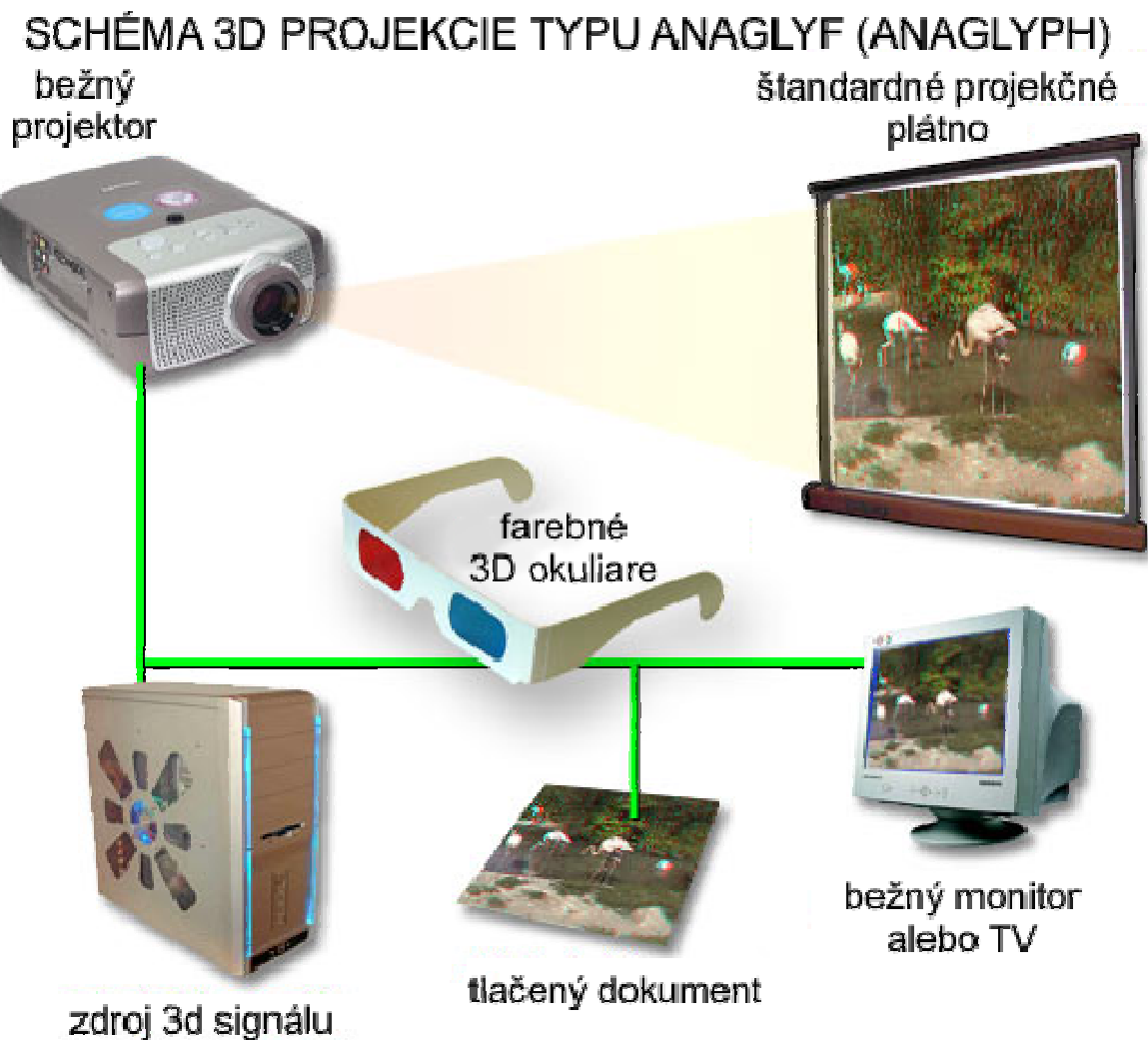
ColorCode® okuliare (Y-B)

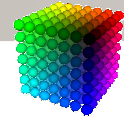


Anaglyfické okuliare (R-GB)

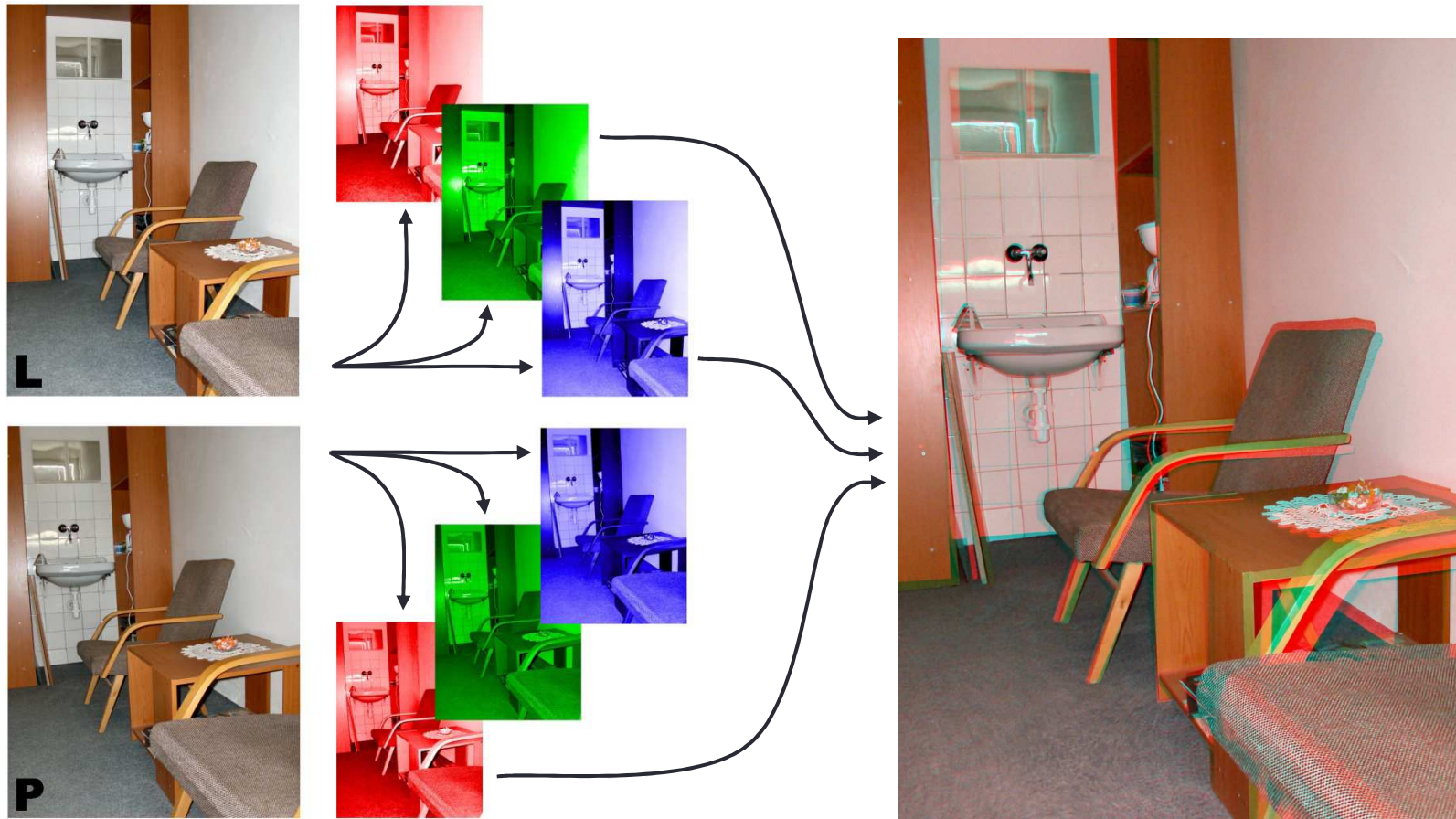


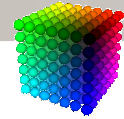
Anaglyfické zobrazenie





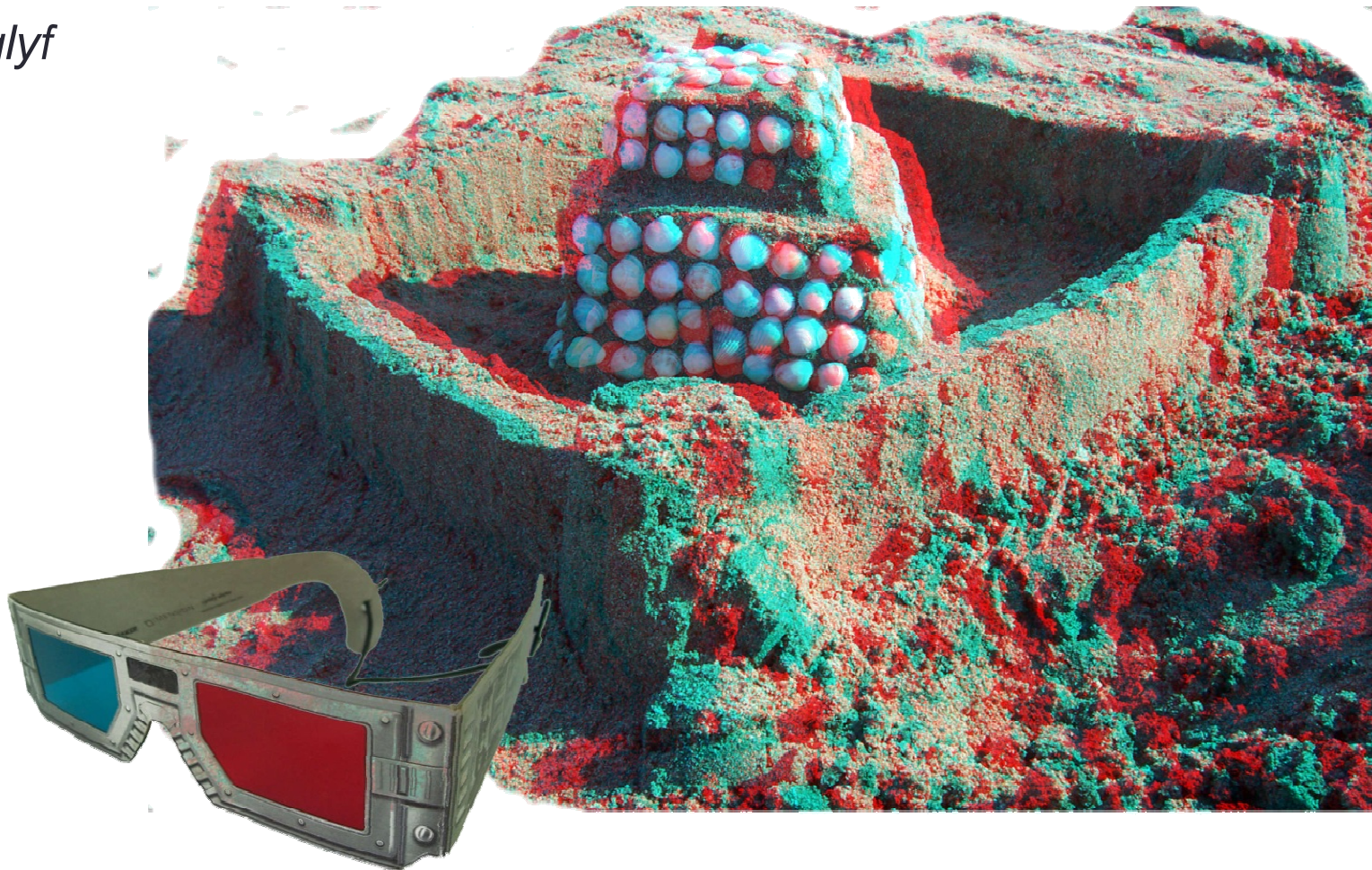
Anaglyfické zobrazenie

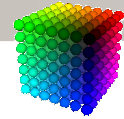




Anaglyfické zobrazenie

Anaglyf





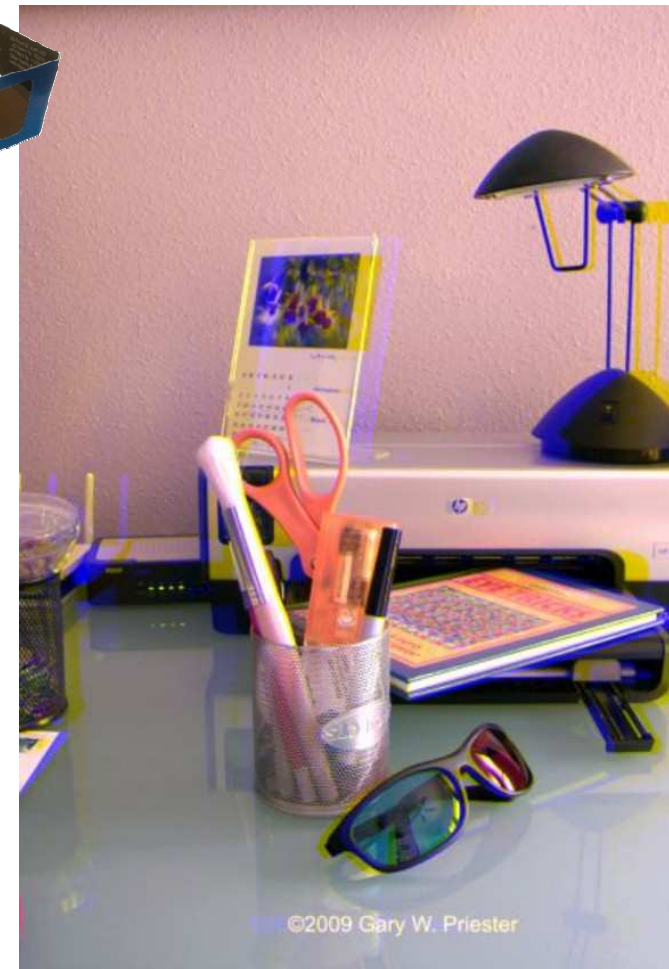
ColorCode zobrazenie

ColorCode

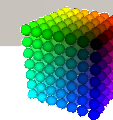
www.colorcode3d.com



(Texnai Inc.)

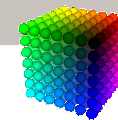


©2009 Gary W. Priester



Stereoskopia

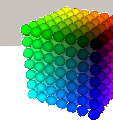




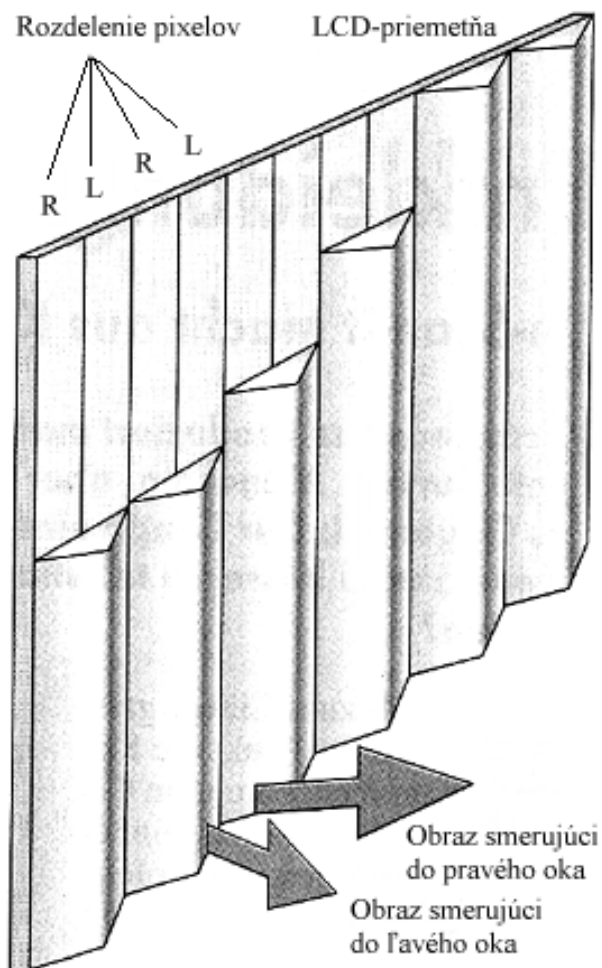
Autostereoskopia

Autostereoskopia predstavuje technológiu zobrazovania 3D obrazu bez použitia pomocných zariadení

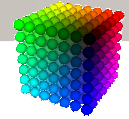
Historické súvislosti: 1940, práca rusov D.V. Surenského a S.P. Ivanova



Autostereoskopia

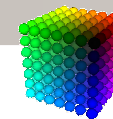


- Bez aktívnej masky
- výhody: nevyžaduje okuliare alebo iné pomôcky
- nevýhody: len pre nízky počet pozorovateľov

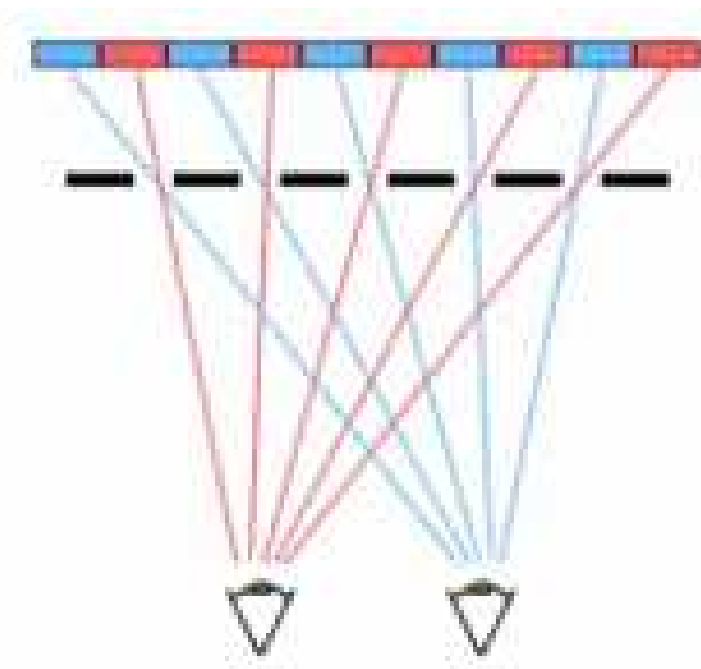


Autostereoscopia (technológie)

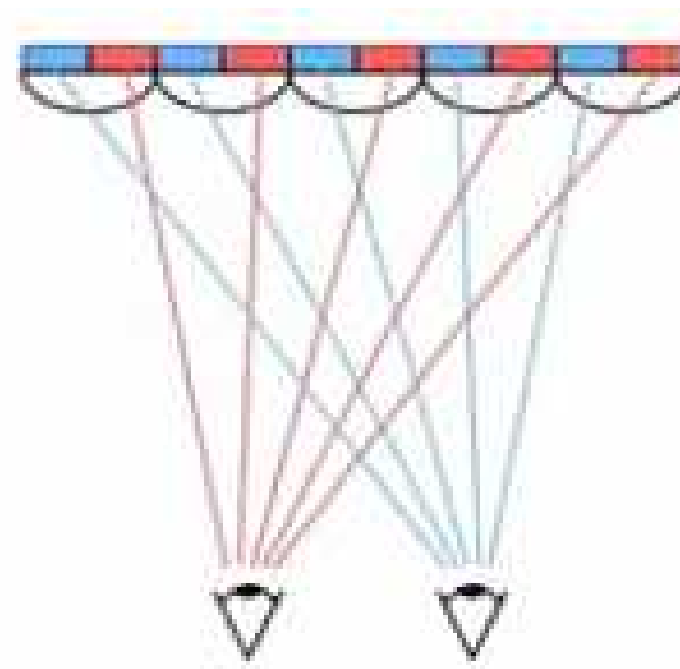
- pomocou prizmovej mriežky
- pomocou šošovkového (lentikulárneho) rastra
 - pomocou Fresnelových šošoviek (vertikálne aj horizontálne)
- pomocou riadenia s aktívnou maskou



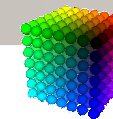
Autostereoscopia (technológie)



prizmová mriežka

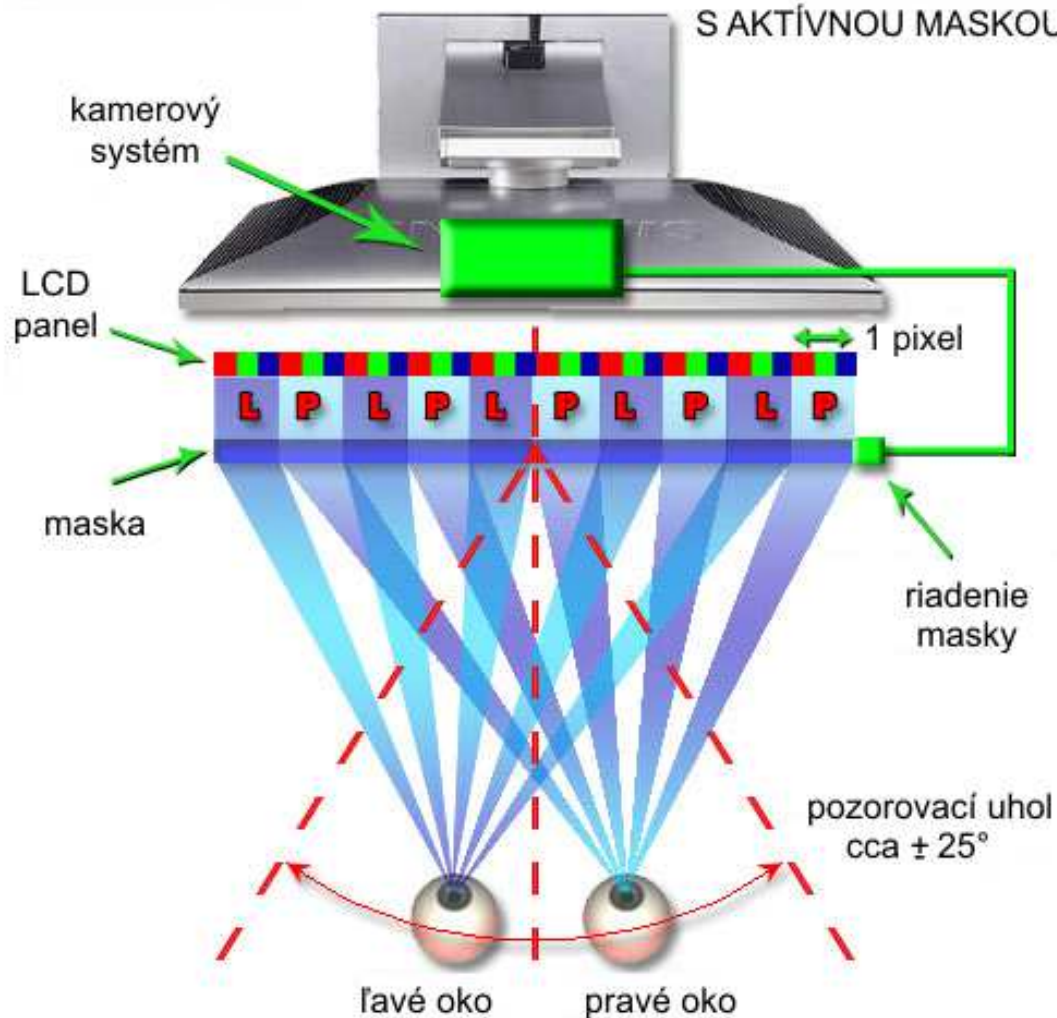


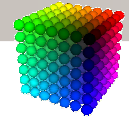
lentikulárny raster



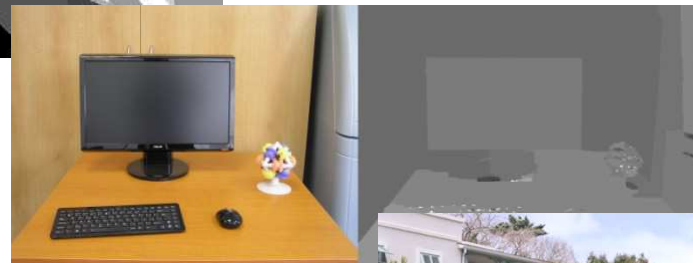
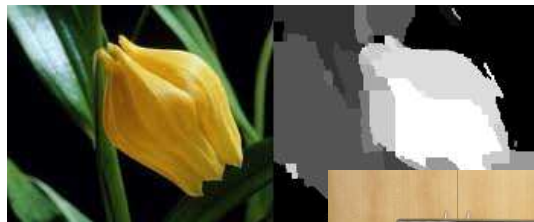
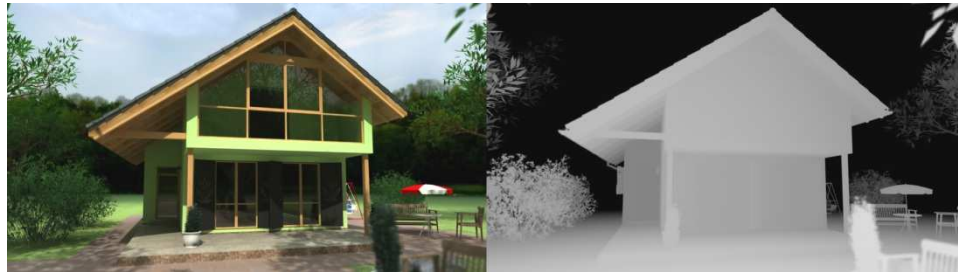
Autostereoskopia

SCHÉMA AUTOSTERESKOPIKÉHO 3D MONITORU S AKTÍVNOU MASKOU

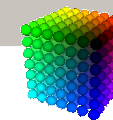




Autostereoskopia

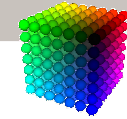


Philips WOW



Porovnanie technológií

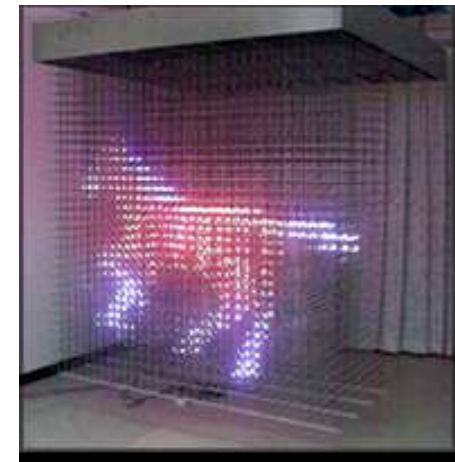
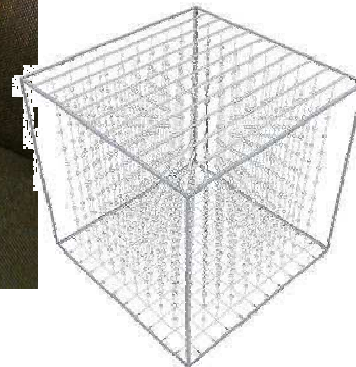
Metóda	Farebná informácia	Rozlíšenie obrazu	Vhodné pre projekciu	Zobrazenie na monitore	Počet divákov	Náklady
Anaglyf	kompletná strata	stredné	áno	áno	vysoký	veľmi nízke
ColorCode	mierna strata	stredné	áno	áno	vysoký	nízke
Aktívne stereoskopické zobrazenie	plná	vysoké	áno	áno (nie LCD)	mierne obmedzený	vyššie
Pasívne stereoskopické zobrazenie	plná	vysoké	áno	nie	vysoký	stredné
Auto stereoskopický monitor	plná	stredné	nie	áno	veľmi obmedzený	vyššie

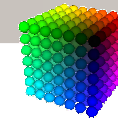


3D LED displeje

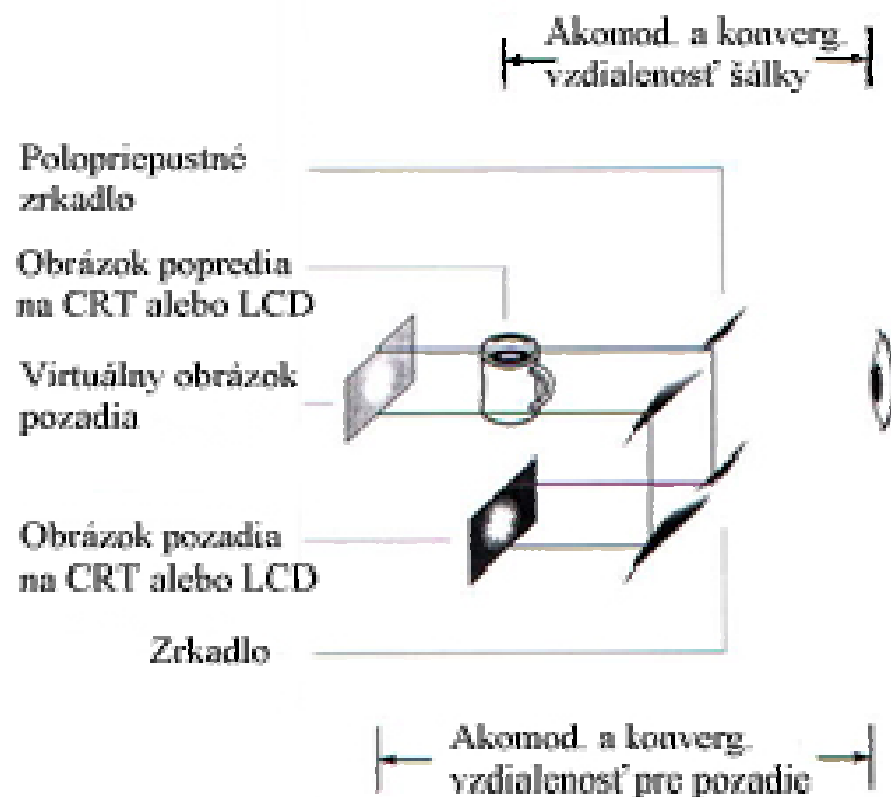


- **výhody:** pomerne efektívne, nevyžaduje pomôcky, nespôsobuje nevoľnosť
- **nevýhody:** vysoká cena, problém s viditeľnosťou niektorých bodov

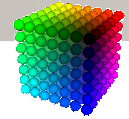




Real - Depth



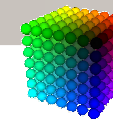
- **výhody:** lacné a pomerne efektívne, nevyžaduje pomôcky, nespôsobuje nevoľnosť
- **nevýhody:** len dve vrstvy, fyzické vzdialenosti predmetov od pozorovateľa



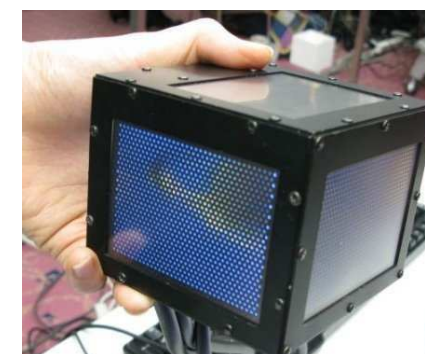
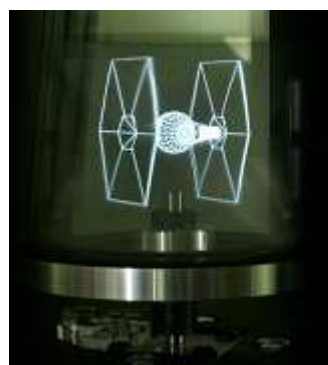
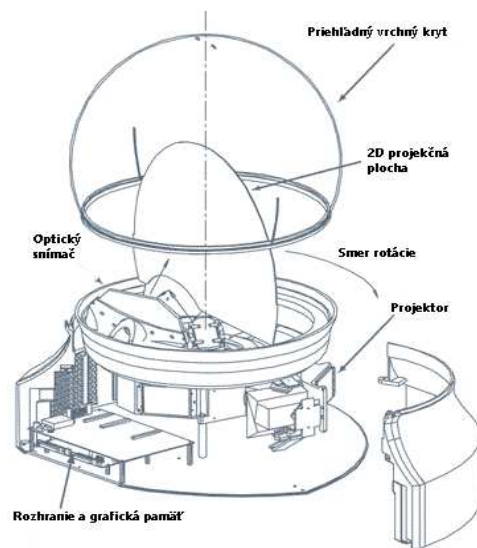
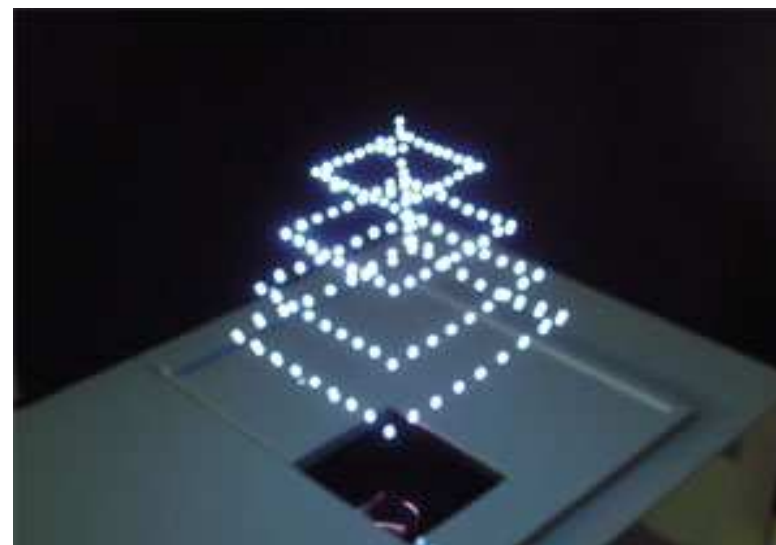
Volumetrické zobrazovanie

Pri volumetrickom zobrazení sa vytvára skutočný priestorový obraz. Body priestorového telesa slúžiace ako display, vytvárajú buď skutočné priestorové teleso, napr. kocka, alebo rýchlo rotujúca doska. Obraz je vytváraný rozsvietením príslušných bodov v priestore

- **výhody:** obraz vytváraný rozsvietením bodov v 3D nevyžaduje pomôcky, nespôsobuje nevoľnosť
- **nevýhody:** z 2D cues nepodporuje prekrytie objektov, technicky veľmi náročné

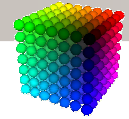


Volumetrické zobrazovanie



gCubik 3D displej

Volumetrické displeje

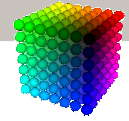


Holografia

Teória holografického zobrazenia objektov v priestore je známa od roku 1947. Objaviteľovi teórie, vedcovi maďarského pôvodu Dennisovi Gáborovi, však vtedy k realizácii zobrazovača hologramu chýbal zdroj koherentného svetla - laser. Objavenie laseru v roku 1960 bolo preto veľmi významným prínosom pre aplikáciu teórie holografie. Rovnako významným prínosom sa zdá byť technické zvládnutie generovania hologramov počítačom, t.j. digitálnou cestou

- **výhody:** skutočný priestorový obraz, rešpektujúci všetky faktory pre verné 3D zobrazenie, nevyžaduje pomôcky, nespôsobuje nevoľnosť
- **nevýhody:** technicky veľmi náročné

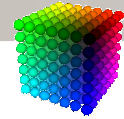




Holografia



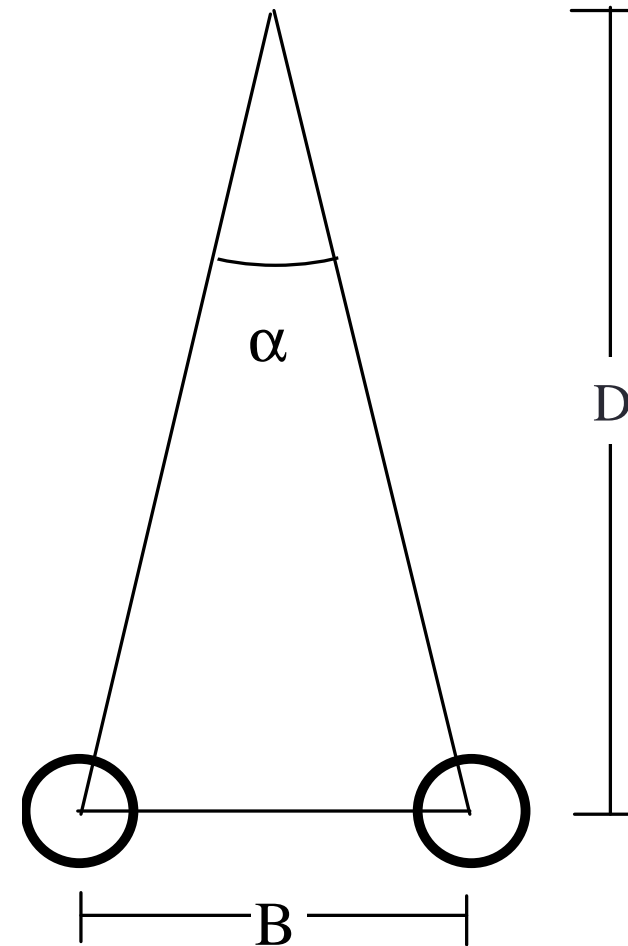
Holografický displej

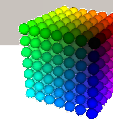


Híbkový vnem

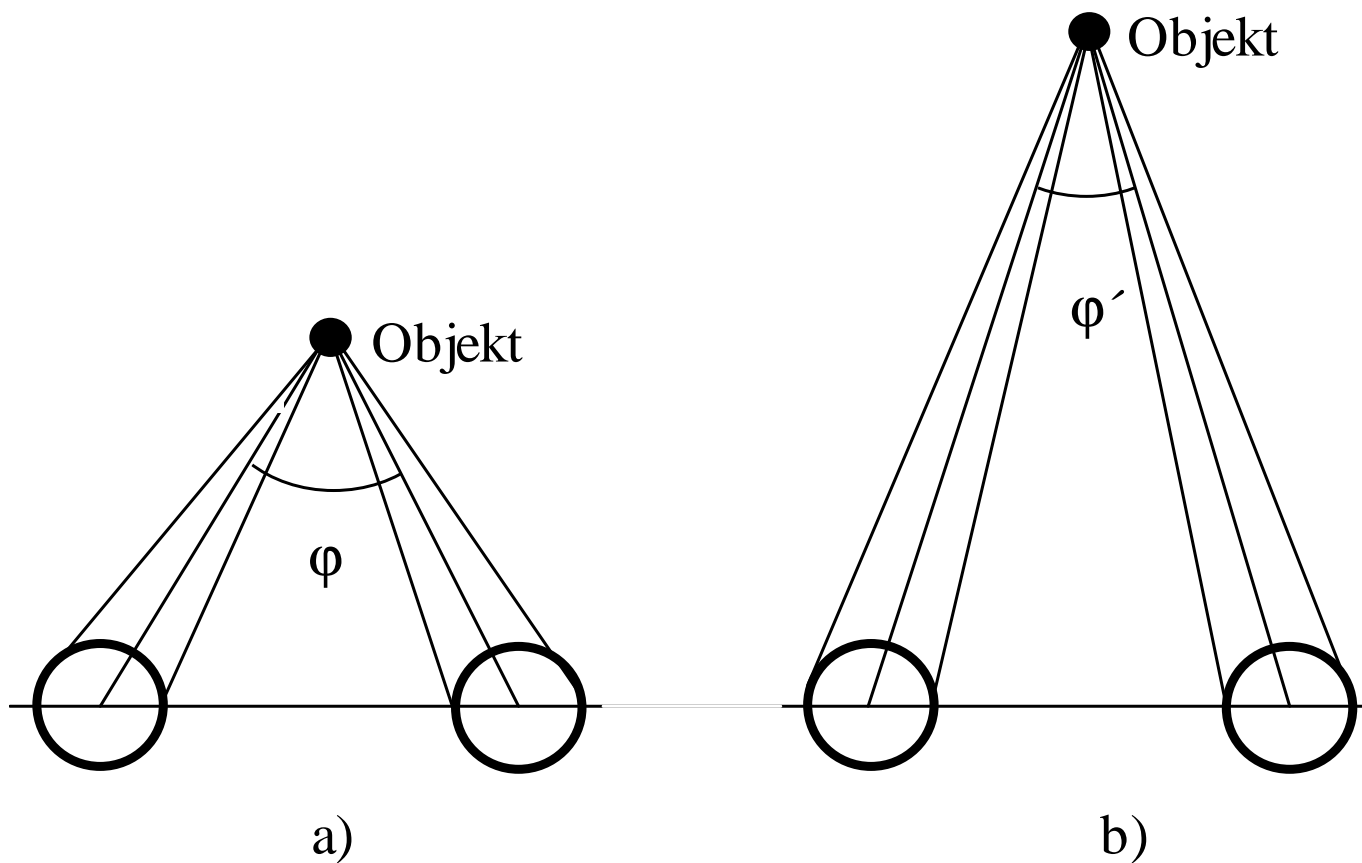
$$D = \frac{B}{2 \cdot \tan(\alpha/2)}$$

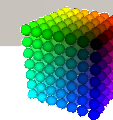
stereoskopické rozlíšenie oka



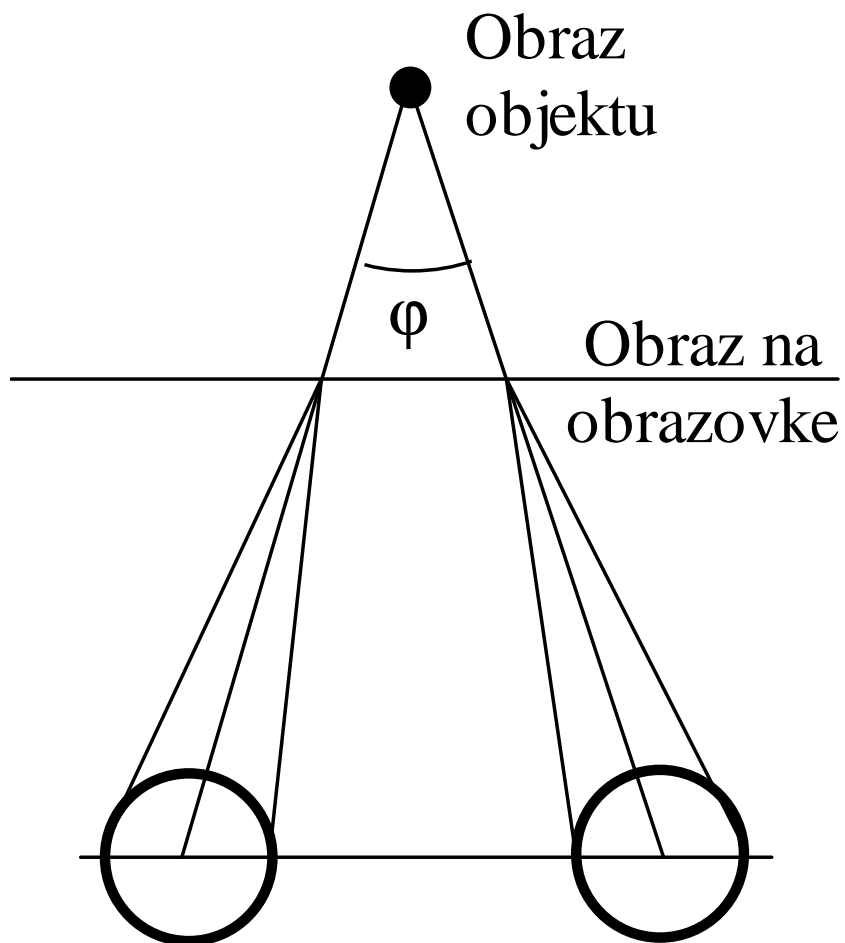


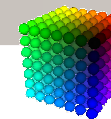
Konvergencia a akomodácia



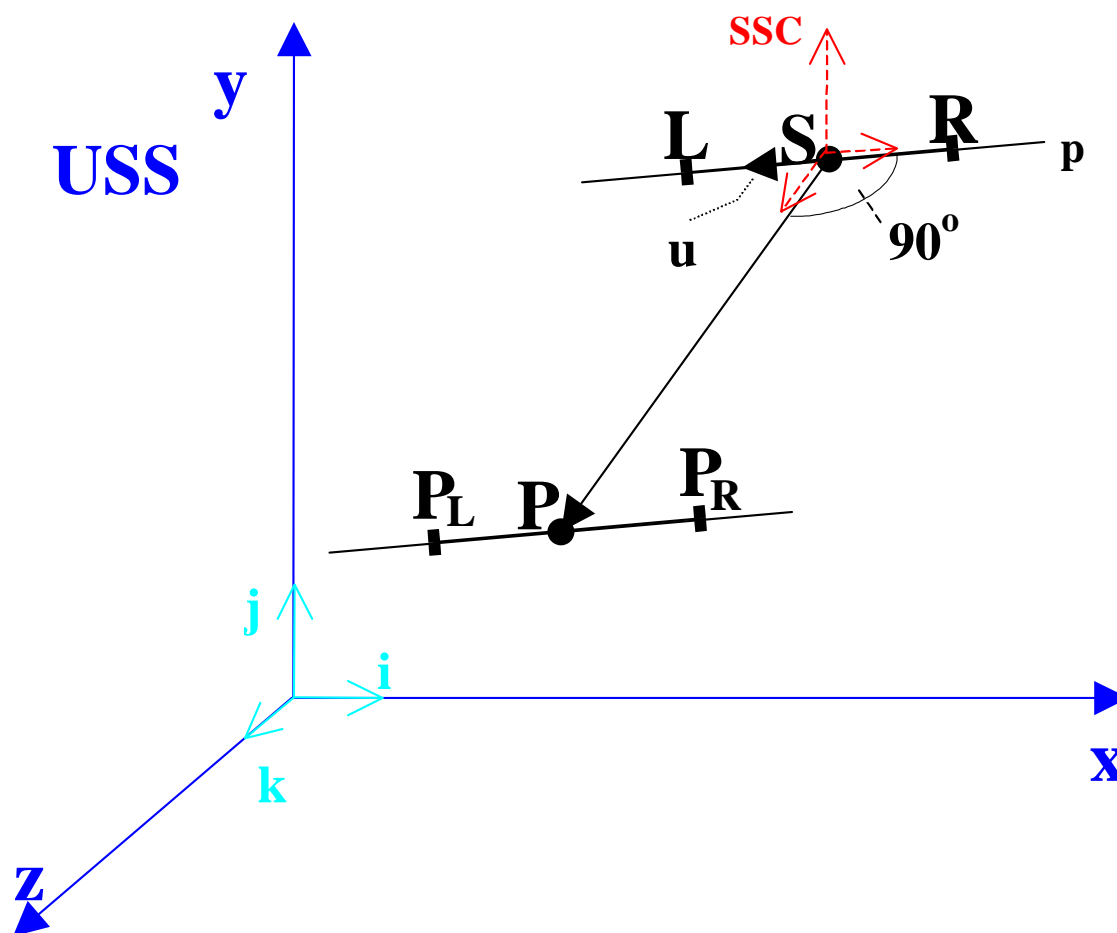


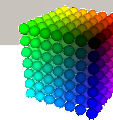
Konštantná akomodácia na obraz na obrazovke



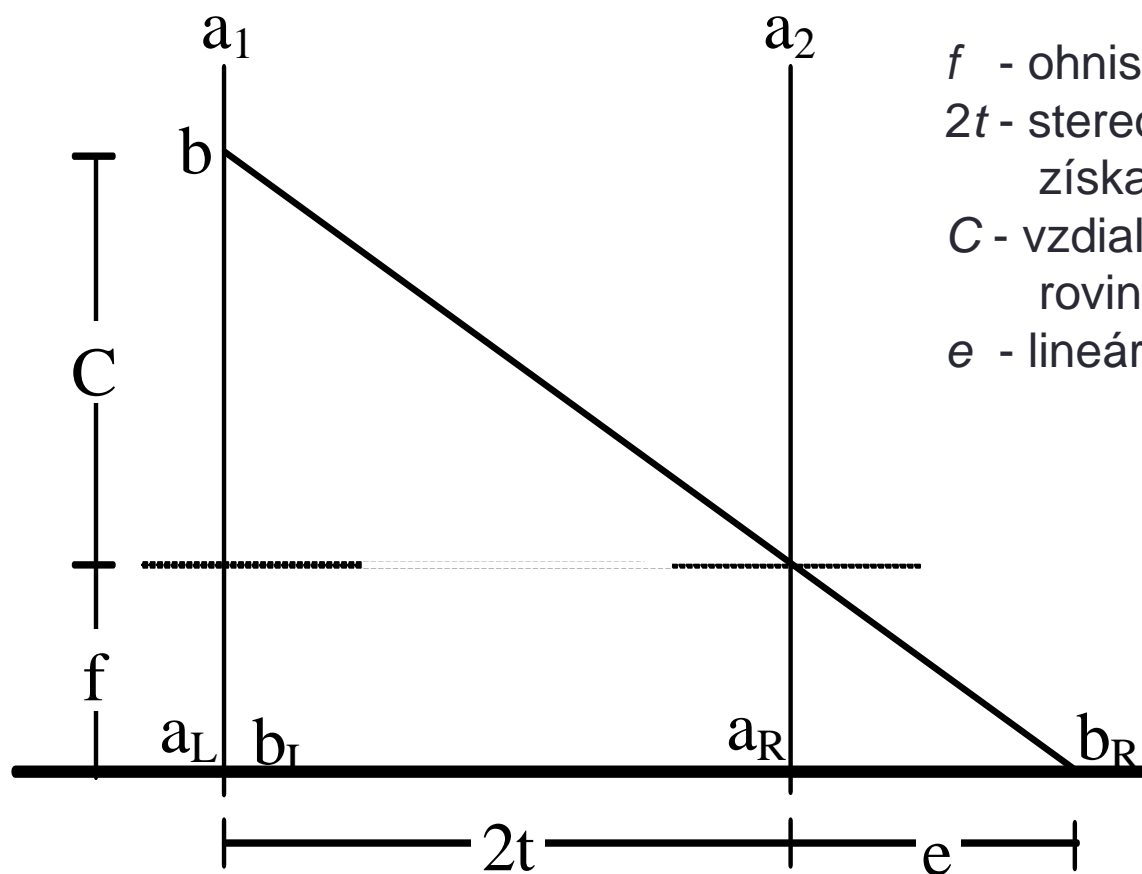


Súradnicová sústava





Princíp zobrazovania pomocou tzv. virtuálnych kamier



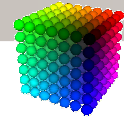
f - ohnisková vzdialenosť

$2t$ - stereoskopická základňa pre získanie obrazov

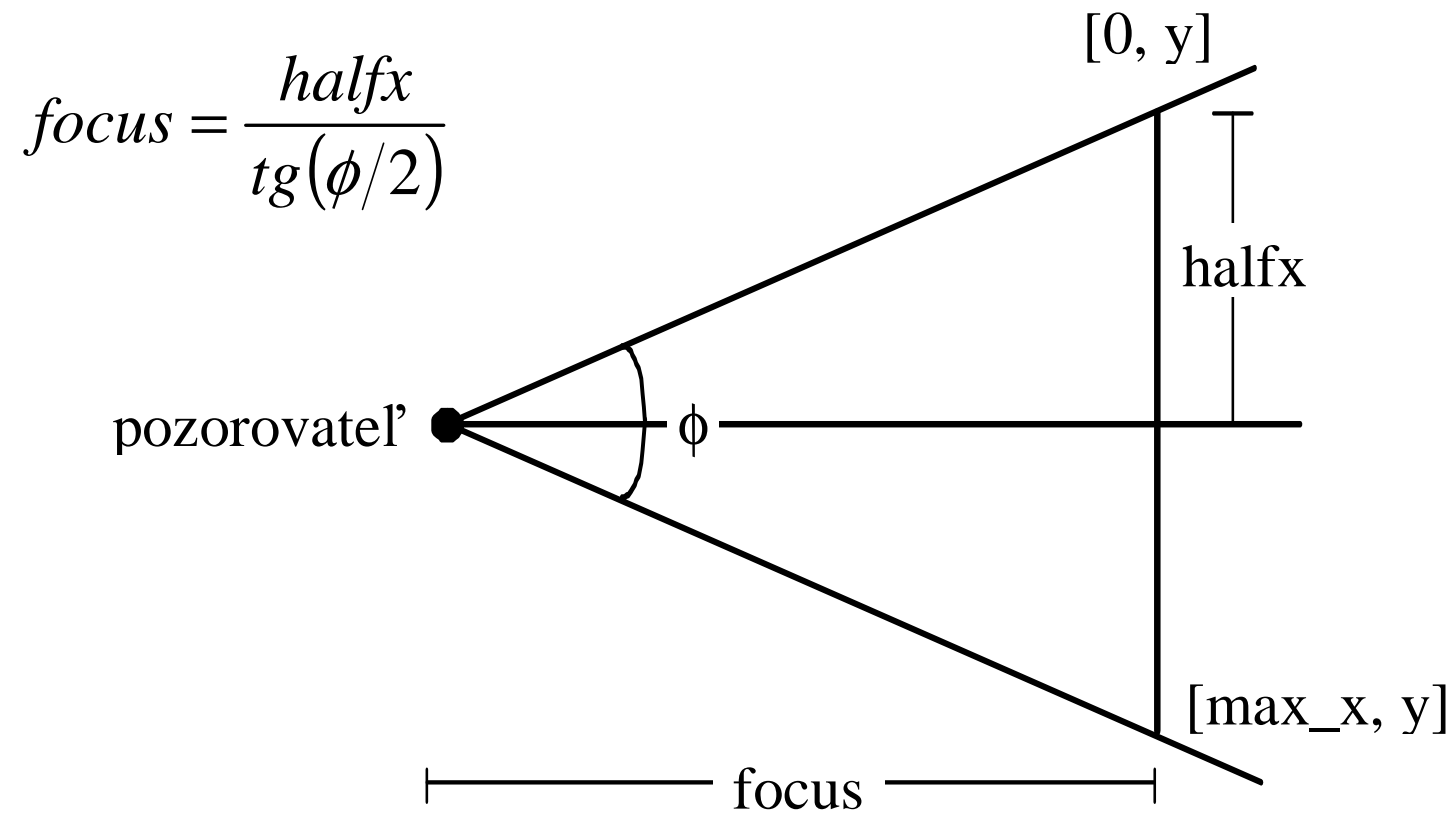
C - vzdialenosť najbližšej zobrazovanej roviny

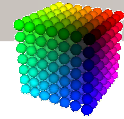
e - lineárna paralaxa nekonečna

$$t = \frac{C \cdot e}{2 \cdot f}$$

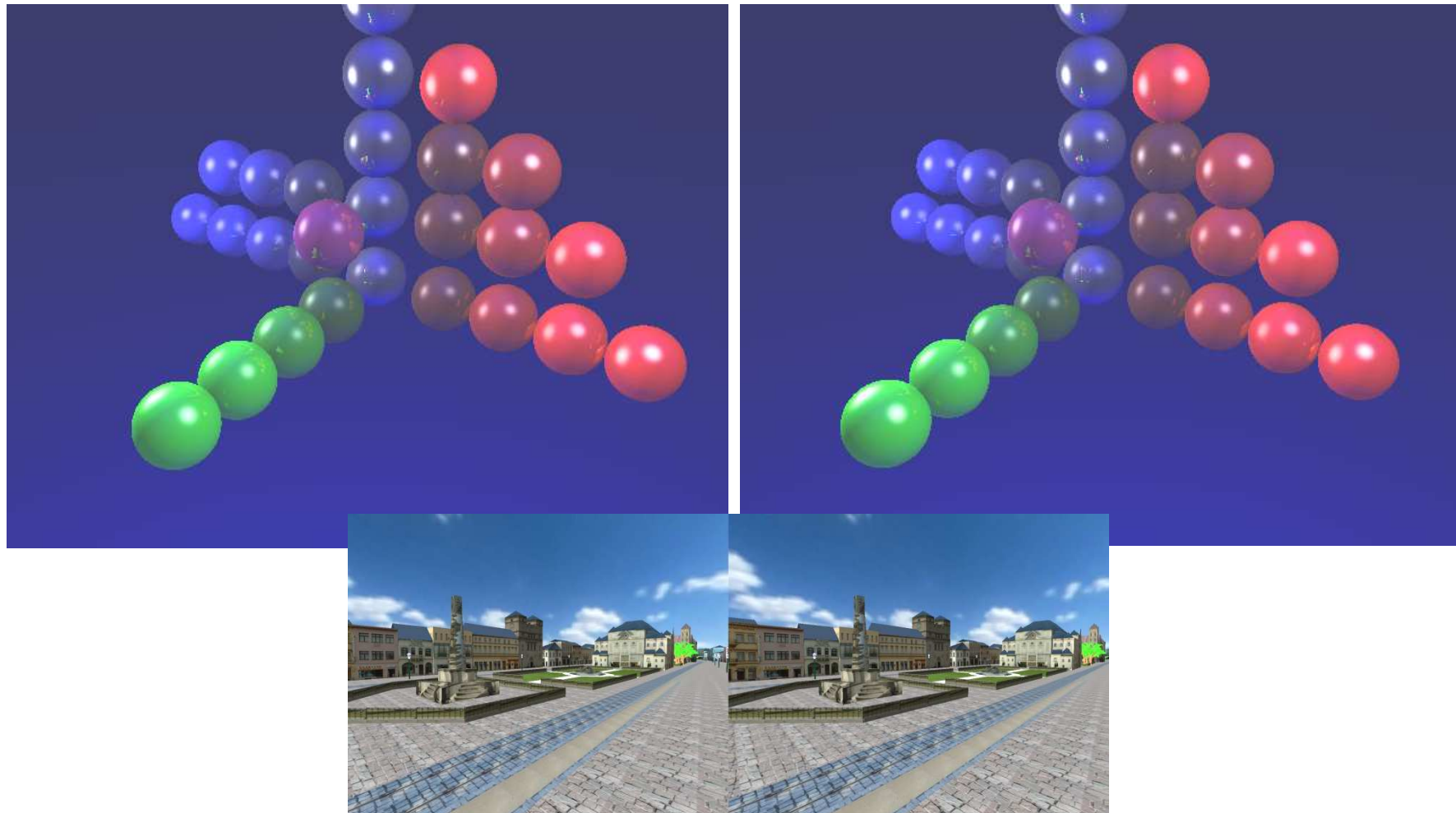


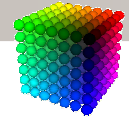
Určenie ohniskovej vzdialenosti





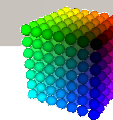
Stereoskopický výstup





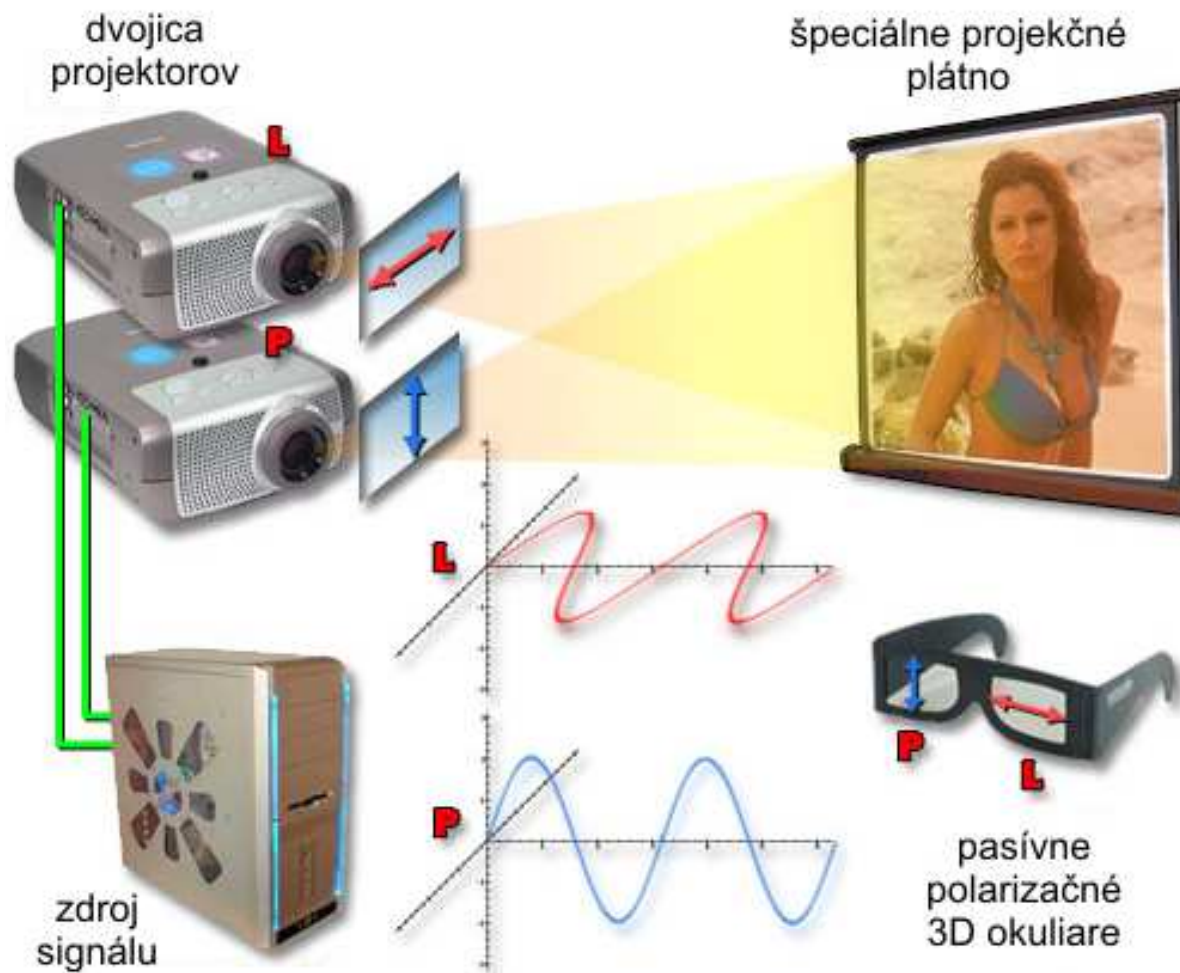
Typy projekčných systémov

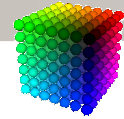
- podľa umiestnenia zdroja
 - priama (dopredná) projekcia
 - spätná projekcia
- podľa spôsobu vytvárania stereoefektu
 - pasívny
 - aktívny



Stereoskopický projekčný systém (pasívny)

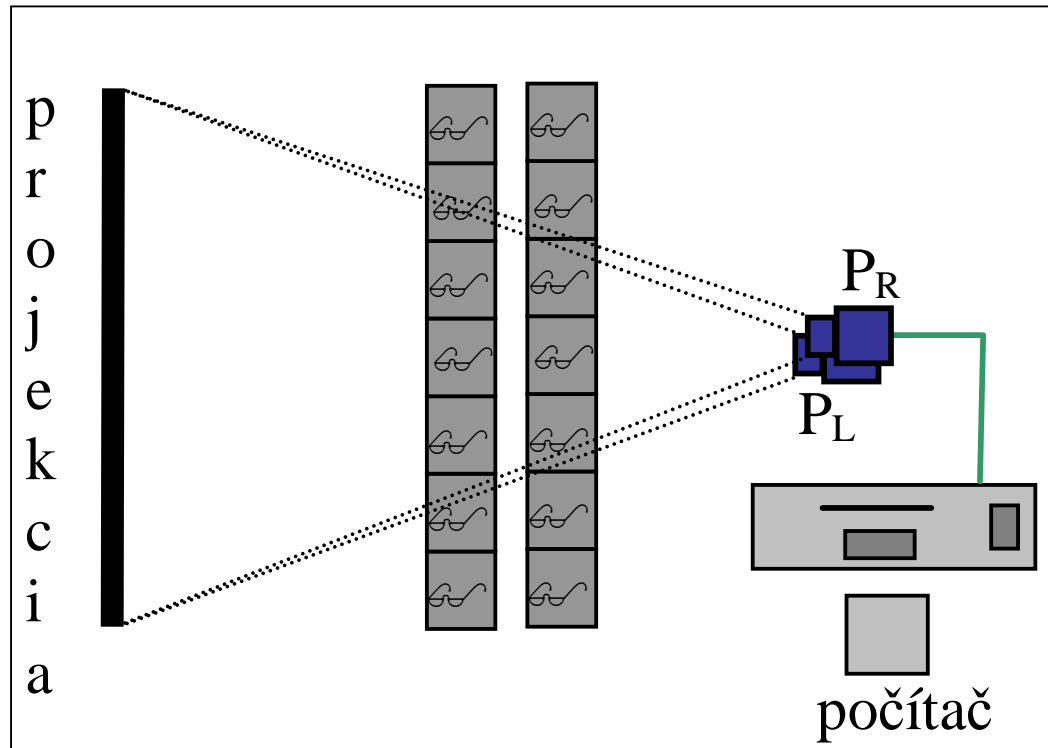
SCHÉMA PASÍVNEJ STEREOSKOPICKEJ 3D PROJEKCIE

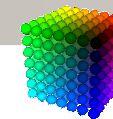




Stereoskopický projekčný systém

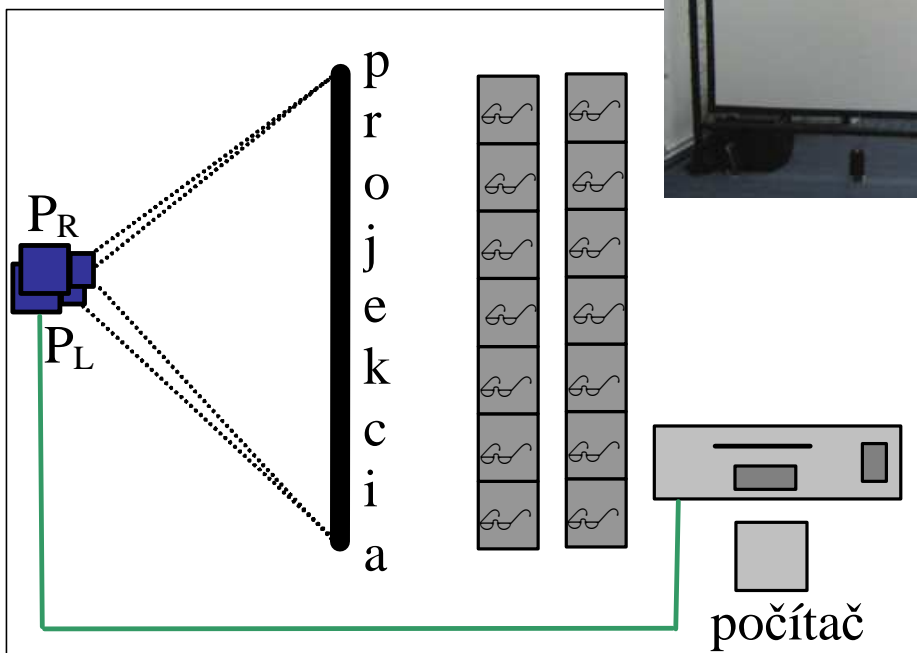
(priamy)

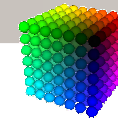




Stereoskopický projekčný systém

(spätný)





Stereoskopický projekčný systém

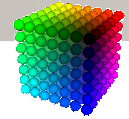
(pasívny)

pasívny

*polarizácia: lineárna (horizontálna,
vertikálna) kruhová (cirkulárna)*

vylepšenie - INFITEC technológia





Stereoskopické zobrazovacie systémy monitor/TV

pasívne

polarizácia: kruhová (cirkulárna)

zdrojový tvar obrazu: ľavo/pravý horizontal



aktívne

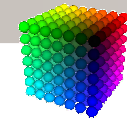
polarizácia: bez priamej podpornej polarizácie

synchronizácia: IrDa, RF, BT, USB

zdrojový tvar obrazu: ľavo/pravý horizontal

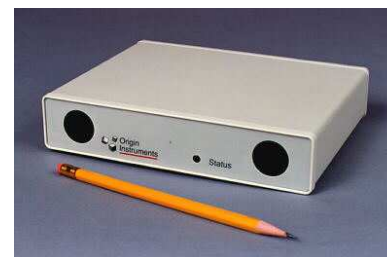
ľavo/pravý časovo prekladaný



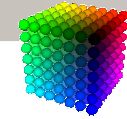


Stereoskopický projekčný systém (aktívny)

aktívny

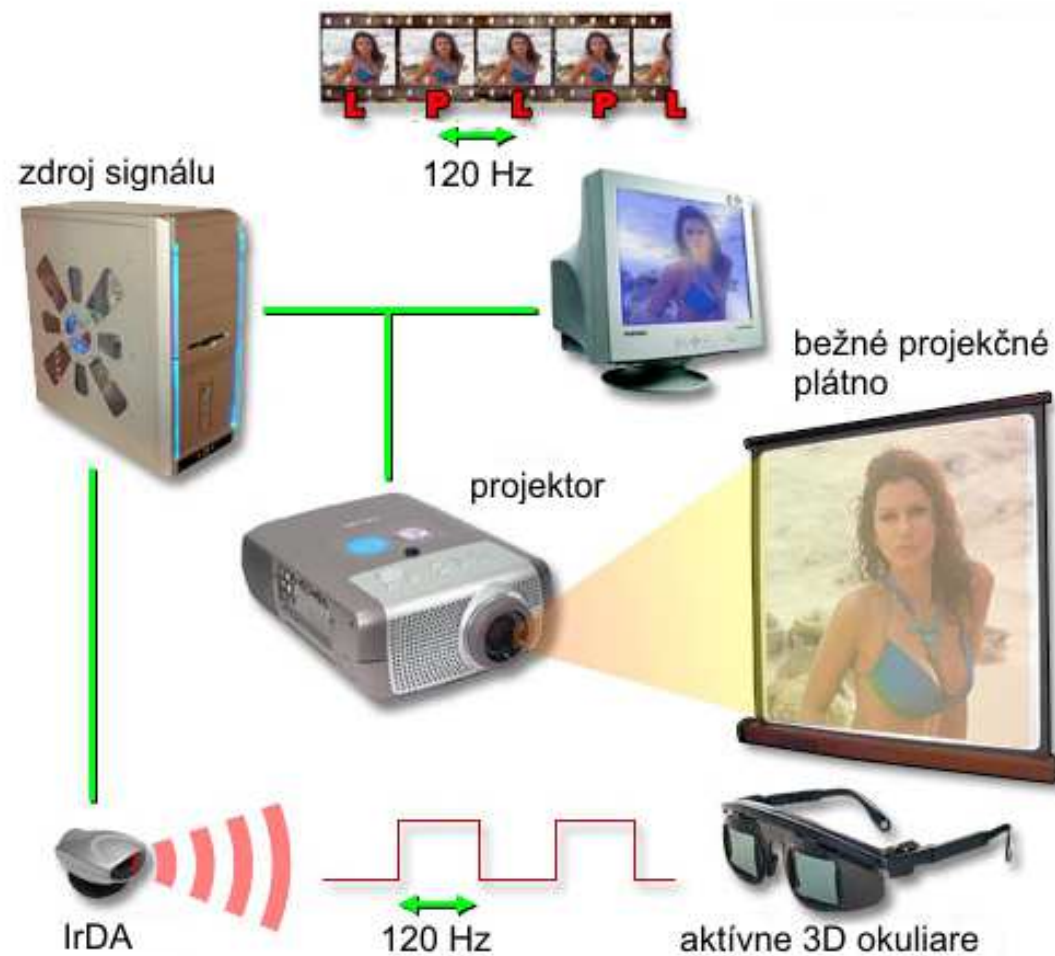


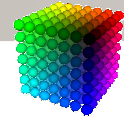
DynaSight™ senzor nVidia 3D Vision



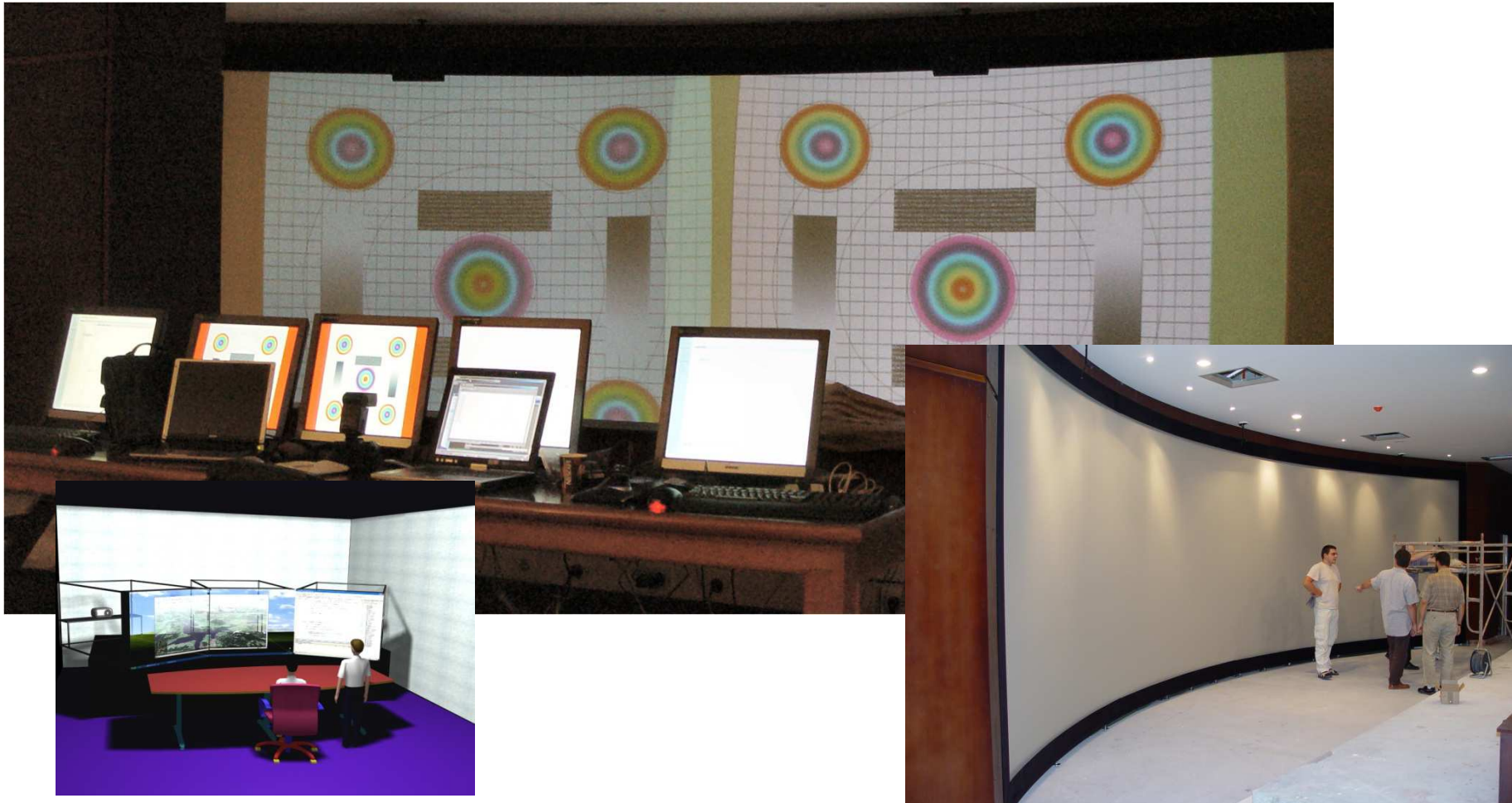
Stereoskopický projekčný systém (aktívny)

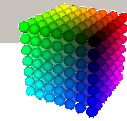
SCHÉMA AKTÍVNEJ STEREOSKOPICKEJ PROJEKČIE





Veľkoplošný projekčný systém

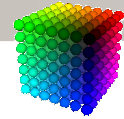




Hemisférický projekčný systém

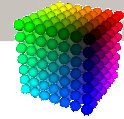


VisionStation, Elumens Inc.



Stereoskopické snímání





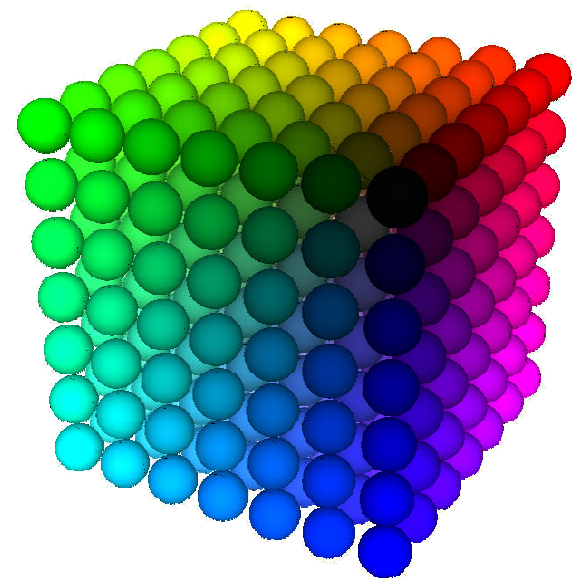
Priestorové snímanie



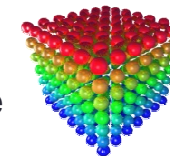
*3D skener NextEngine s
autopolohovacím zariadením*



3D skener Leica ScanStation 2



© 2014 KPI FEI TU Košice



OTÁZKY ?
