

6. SENZORY PRE ORIENTÁCIU V PRIESTORE

- ♦ dotykové - kontaktné
- ♦ bezdotykové : - optické
- akustické

6.1. Kontaktné systémy

- polohovací systém (x, y, z , alebo sférické súradnice - φ, θ, r)
- snímač vzdialeností - polohy

Poznámka: Systémy sú veľmi presné, zložitá konštrukcia. Vyžadujú mechanický dotyk s objektom. Mäkký objekt môžu ovplyvniť - poškodiť

6.2. Optické princípy

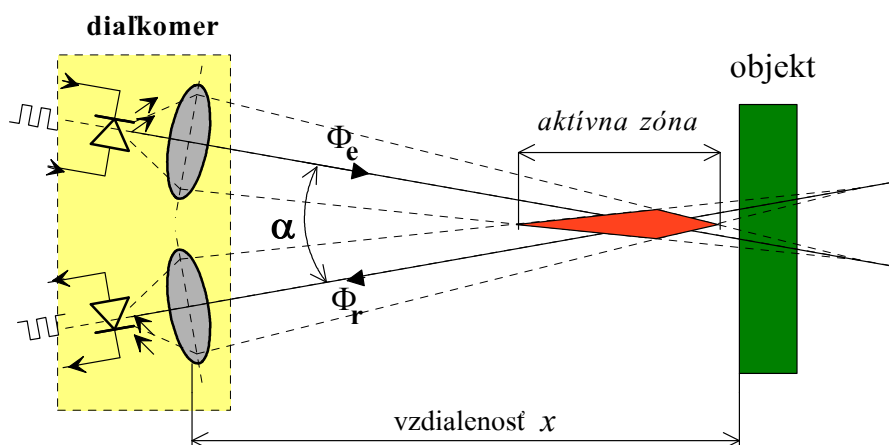
- snímače prekážok
- optické diaľkomery
- laserové 3D scannery a diaľkomery
- kamery

6.2.1. Snímače prekážok

Princípy reflexných diaľkomerov - len logický signál. *Popis ďalej.*

6.2.2. Optické diaľkomery (Optical rangefinder)

Reflexný optický diaľkometer



Obr. 39.

- ♦ malý α - **dlhá** úzka aktívna zóna (väčšie x)
- ♦ veľký α - **krátka široká** aktívna zóna → proximitné snímače

- amplitúda úmerná vzdialenosti
- poruchové vplyvy, **presnosť malá**
- modulovaný svetelný tok
- optika (šošovky, zrkadlá)

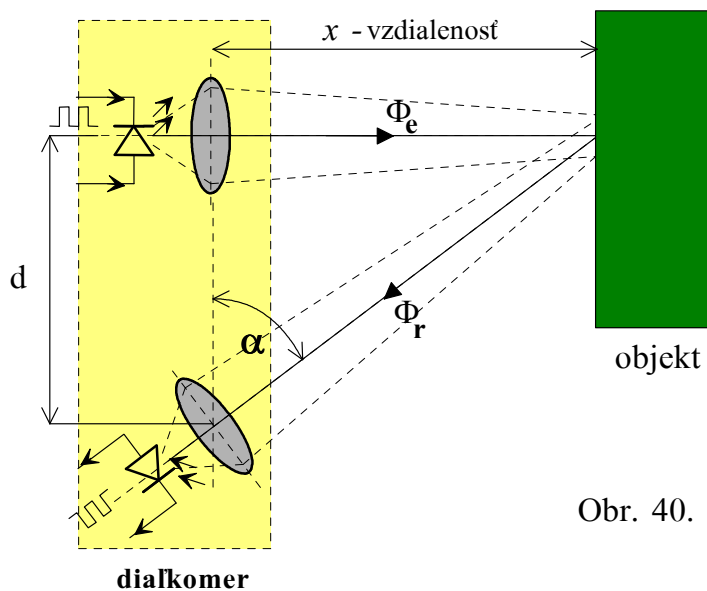
Koincidenčný diaľkomer

$$x = d \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

kde: **d** je optická základňa diaľkomeru (30 ÷ 100 mm)

x meraná vzdialenosť

α uhol natočenia prijímača

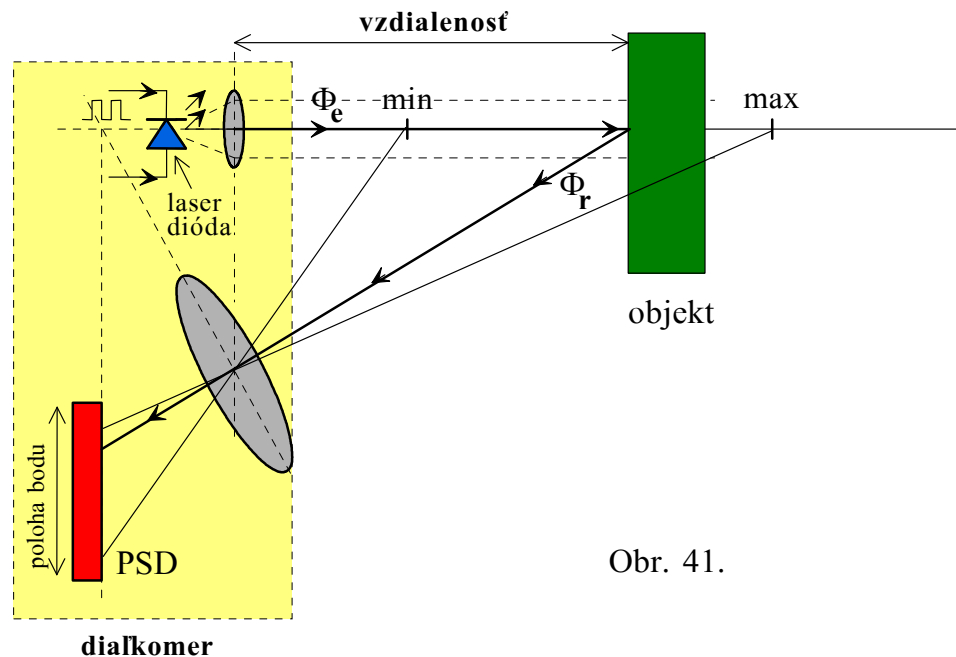


Obr. 40.

- amplitúda ako abs. hodnota nezaujímavá
- poruchové vplyvy (zrkadlový odraz)
- modulovaný svetelný tok
- optika, napačanie nízkohmotných elementov

Poznámka: Čiste optický princíp - okom sa sleduje dvojitý obraz v hľadáči, pri "splynutí" sa odčíta vzdialenosť.

Triangulačný diaľkomer



Obr. 41.

- laserom vytvorený bod na telese
- problem zaostrenia (Scheimpflugovo pravidlo)
- nelinearita

6.2.3. Laserové systémy

Meranie vzdialeností: - fázová metóda
- rádiolokačný princíp (impulzná metóda)
- triangulačná metóda

Fázová metóda

- kontinuálne budenie, sínusová amplitúdová modulácia svetelného toku
- fázový posun (prijímača a vysielača) je úmerný vzdialenosti (inkrementálna metóda)
- pri $f_{\text{modulač.}} = 300 \text{ MHz}$ je $\lambda = 1 \text{ m}$

Rádiolokačný princíp

- ♦ krátky svetelný impulz (laser)
- ♦ prijatie odrazeného impulzu - odmeranie času
- ♦ určenie vzdialenosti ako $d = c \cdot t/2$

Problémy:

- precízne meranie času, $1 \text{ mm} = 3,3 \text{ ps}$
 - veľmi rýchle fotodetektory

- elektronika bez oneskorení
- rýchle čítače s veľkým rozlíšením

Dosah je značný, 10ky (100ky) metrov

Triangulačný princíp (viď predošlé)

Dosah je menší, rádove metre

Snímanie v priestore

- vytvorenie polohovacieho (súradného) systému (uhly)
- zmeranie vzdialeností jednotlivých bodov v tomto priestore (systéme) (rádiolokačne)

Súradný systém - väčšinou sférický, laser v počiatku (φ , θ , r)

Uhly sa získajú

- ♦ natáčaním lasera (pomalšie)
- ♦ rotujúcimi zrkadlami

Zrkadlá - až 10^4 - 10^5 bodov/s.

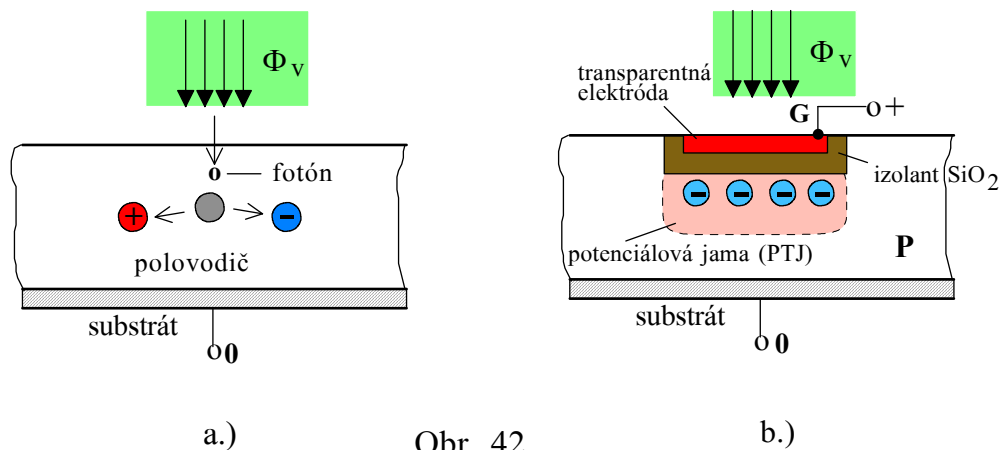
Triangulačný princíp v priestore

- na telese sa namiesto bodu vytvorí sústava bodov v priamke - pásik (multiplexne)
- CCD snímač registruje tieto body - vzdialenosti

Poznámka: CCD (lineárny s "natočením", alebo plošný) - je rýchlejší ako PSD

Spätne poskladanie informácií sa nazýva **rekonštrukcia**

6.2.4. CCD prvky (Charge Coupled Device) - snímanie kamerou



Uchováваме tzv. menšinové náboje, teda v P polovodiči elektróny. Tieto môžu vznikáť :

- tepelnou generáciou - parazitný jav (**šum**)
- injekciou svetlom - vlastný snímací efekt
- injekciou z blízkeho PN prechodu - odovzdanie výstupného signálu

Množstvo nosičov závisí od intenzity osvetlenia E a od času t :

expozícia (osvit) e : (e býva označené tiež H)

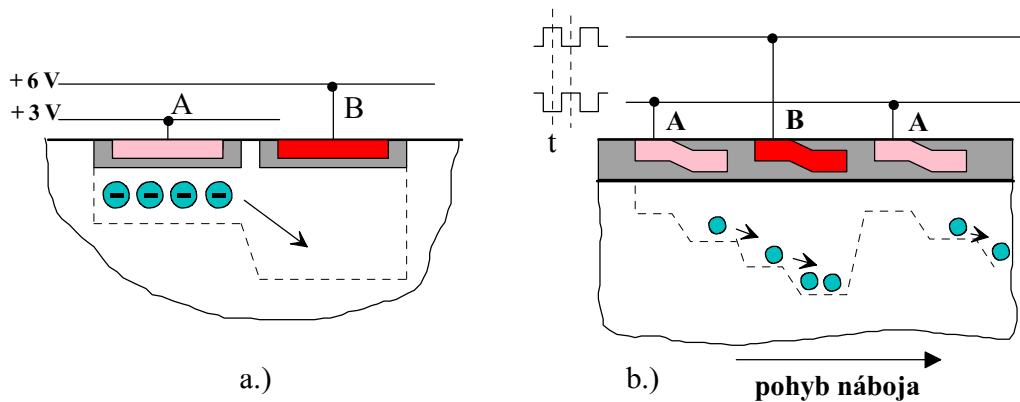
$$e = E \cdot t \quad [\text{lx} \cdot \text{s} ; \text{lx} ; \text{s};]$$

(6 - 2)

Poznámka: Doba existencie náboja v PTJ je asi $100 \text{ ms} \div 10 \text{ s}$. (vyrovnávanie tepelnou generáciou). Dlhé časy - problém, už cca $5 \div 10 \text{ s}$ vyžadujú chladenie prvkov, napr. polovodičové, resp. softwérové potlačenie. (následné zosnímanie bez obrazu a odčítanie)

Prenos nábojov (nosičov)

Plocha snímača je rozdelená na *pixely*.



Obr. 43.

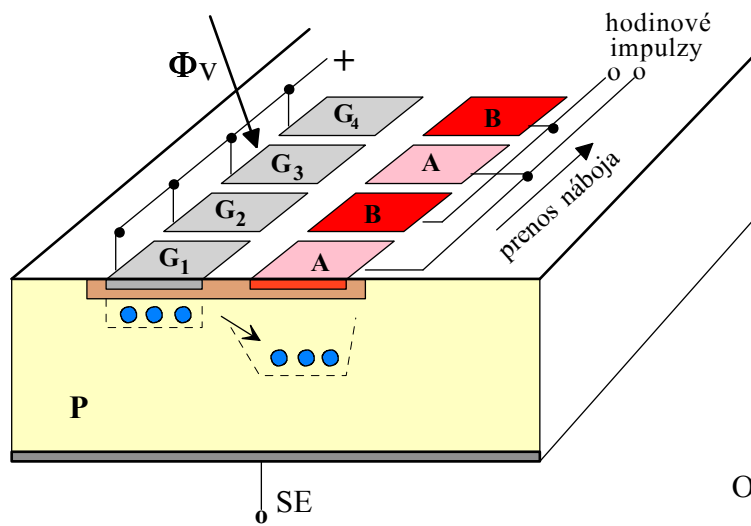
Vyšší potenciál vytvorí hlbšiu PTJ, nosiče do nej prepadávajú.

Tvarované elektródy - tvarovaná PTJ

Elektródy A a B - výstupný register

Riadkový CCD senzor

1. Svetelný tok $\Phi_v \rightarrow$ náboj pod $G_1, G_2,$ atď.
2. Po dobe expozície presun náboja pod A,B
3. Fázovo posunuté impulzy na A,B - vysúvanie nábojov



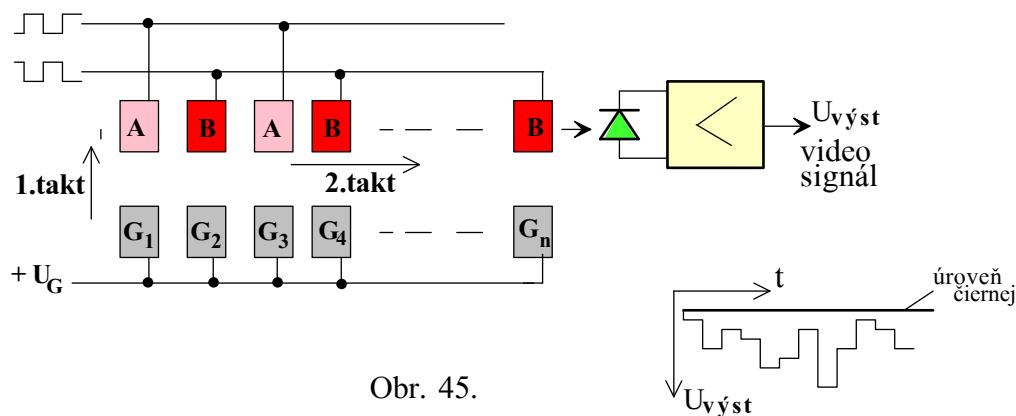
Obr. 44.

SE - spoločná elektróda (-)

G - akumulčné elektródy, predstavujú pixely a sú priehľadné,

A,B - nepriesvitné elektródy registra

Poznámka: V reálnych systémoch býva ešte pomocná elektróda medzi G a A, resp. B. Pixely sú rozdelené do dvoch registrov na párne a nepárne, aby sa zachovala "medzera".



Obr. 45.

Video signál:

- poloha bodu - čas od začiatku prenosu
- osvetlenie bodu - amplitúda.

Počet pixelov - 128 (termovízia), po 6 - 10 tis.(profí scannery...)

Rozmery : od 6 x 6 μm do 17 x 8 μm .

Princíp elektronickej uzávierky

Doba snímania (pre 1728 pixelov) \rightarrow hodinové impulzy :

10 kHz \rightarrow doba snímania = 86 ms (1/12 [s])

10 MHz \rightarrow doba snímania = 86 μs (1/12000 [s])

Optimálne cca 10 ms (1/100 [s]), čomu zodpovedá 86 kHz.

Výhody: netreba mechanickú uzávierku - cena

Nevýhody: pomalé vysúvanie - akumulujú svetlo aj počas vysúvania (náchylnejšie na smearing, blooming)
rýchle vysúvanie - nekvalitné (rýchle) odčítanie náboja

T/2 spôsobí posun o jedno miesto, resp. T vysunie polovicu pixelov (párne - nepárne)

E = 10 lx dáva 0,2 V na výstupe.

Čitlivosť na svetlo: ASA (DIN) a je 100 ÷ 3200 ASA (21 ÷ 36 DIN).

Poznámka: Horná hranica je už 6000 - 12000 ASA, diskutabilná je kvalita (malé snímače)

Rozlíšenie úrovni šedej 8 - 32 bitov \rightarrow 256 - 4,295. 10^9 úrovni. (štand. 24 bit)

Použitie riadkových CCD :

- nepohyblivé obrazy (scannery...) - snímanie po riadkoch
- snímanie polohy (ako PSD)
- iné, napr. zaostrovacie systémy - vyhodnotenie kontrastu (krížový senzor, hrany)

Ako zobrazovacie systémy potrebujú vysokokvalitnú optiku s vysokým rozlíšením pre malé ohniskové vzdialenosti (3 - 8 mm)

Maticový CCD senzor

Snímanie pohybu. Predstava:

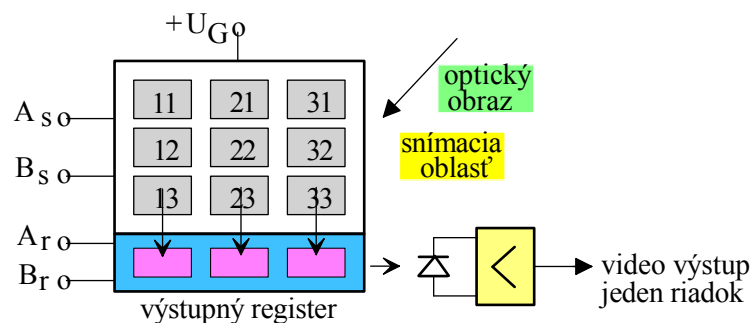
- niekoľko riadkových CCD (stĺpce)
- súčasné vysunutie - riadok
- vysúvanie a odčítanie riadku

Full frame (nutná mechanická uzávierka) (celý snímok, plný formát?)

Frame transfer (stačí elektronická uzávierka) (s presunom snímku?)

Poznámka: Pri presúvaní náboja stačia krátke časy, pri odčítaní hodnoty náboja trvá dlhší čas na premenu na napätie. Pri urýchlení sa môžu vyskytnúť chyby.

Full frame systém



Obr. 46.

Činnosť :

- ♦ obraz sa premietne na snímaciu časť → pod elektródami náboj
- ♦ hodinové impulzy na A_s , A_r (1 fáza), a B_s , B_r (2 fáza) → jeden riadok do výstupného registra.
- ♦ hodinové impulzy na A_r , B_r → obsah registra po pixeloch do výstupu.

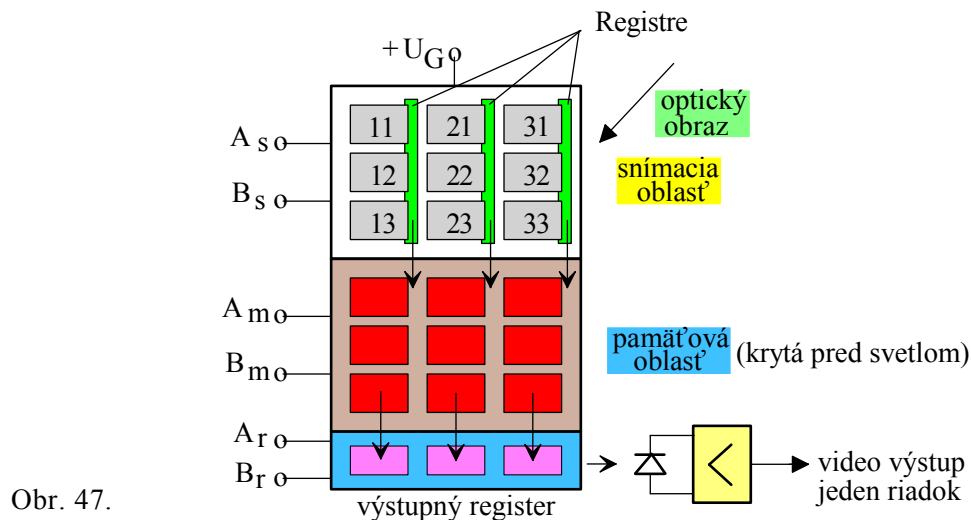
- častejšie pre väčší formát (24 x 36 mm) - pridaný "bočný register"

- pri vysúvaní by nemal reagovať na svetlo - zakrytie (mechanic. uzávierka)

- lacnejší

Frame transfer systém

- pridaná pamäť (rovnaká)
- pridaný zvislý register k stĺpcom v sn. časti (Al elektródy, krytý pred svetlom)
- úbytok plochy (citlivosť) — nad pixelom mikrošošovka (HAD)



Činnosť :

- ♦ obraz sa premietne na snímaciu časť → pod elektródami náboj
- ♦ napätie na A_s , B_s → náboj pod elektródy registra, a to :
 - súčasne na obe → všetky riadky, snímkový výber (**progresívny**)
 - iba na jednu → len párne (nepárne) riadky, polsnímkový výber (**prekladany**)
- ♦ hodinové impulzy na A_s , A_m (1 fáza), a B_s , B_m (2 fáza) → obsah do pamäte

Poznámka: Čas presunu je podstatne kratší, ako čas akumulácie, prakticky ho neovplyvní.

- ♦ hodinové impulzy na A_m , A_r (1 fáza), a B_m , B_r (2 fáza) → jeden riadok do výstupného registra.
- ♦ hodinové impulzy na A_r , B_r → obsah registra po pixeloch do výstupu.

- vyššia cena (2x plocha, viac elektroniky...)
- smearing (čiara v smere posunu od "slnka"), blooming (pretekание k susedom)
- netreba mech. uzávierku (znižuje cenu) - "zakrývátko" (odšumovanie)
- možné krátke časy

Počet pixelov (rozlíšenie) je rôzny :

- ♦ od 10 x 10 pre termovízne kamery
- ♦ štandardné rozlíšenie sa berie cca 640 x 480 (307 000) - video VGA
- ♦ kvalitné rozlíšenie napr. 2816 x 2112 (> 6 M, obecné 4-12 M)
- ♦ experimentálne maximum je 6000 x 7500 (45 mil.)

Rozmery **snímača**: od 6 x 6 mm po cca 20 x 30 mm. (aj 24x36)

Pomer strán : 4:3 (najčastejšie - monitor), 3:2 (kinofilm), 16:9 (šir. video)

Ohnisková vzdialenosť optiky.

Definícia: Za štandardnú ohniskovú vzdialenosť f sa berie veľkosť uhlopriečky snímacej plochy, čo zodpovedá uhlu cca 40° . Pod týmto uhlom zhruba vníma okolie ľudské oko.

- ♦ štandardný, širokouhľový, teleobjektív, ZOOM (transfokátor, varioobjektív)
- kinofilm $24 \times 36 \text{ mm}$ → uhlopriečka $43,3 \text{ mm}$, uhol $47,5^\circ$ (strany 38° a 27°)

Poznámka: Pretože rozmer CCD snímačov je rôznych, rôzna je i štandardná f . Udáva sa potom ekvivalentná f pre kinofilmový rozmer $24 \times 36 \text{ mm}$, čo je 50 mm (resp. $40 - 50$), i keď skutočná veľkosť f je iná.

6.2.5. Snímanie vo farbe

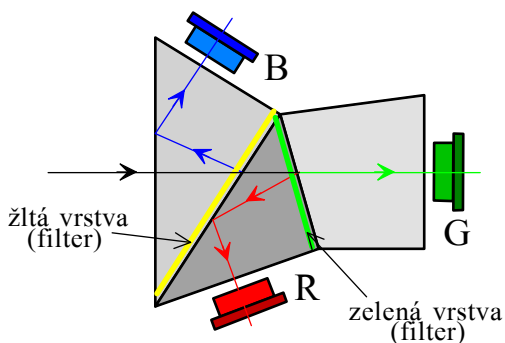
RGB systém - tri základné farby : R (Red - červená), G (Green - zelená),
B (Blue - modrá)

Poznámka: Jedna sa o aditívne miesanie farieb - svetiel.

Možnosti:

- tri identické obrazy - tri senzory
- jeden "trojitý" maticový senzor + tzv. mozaikový filter.
- systém FOVEON

Tri CCD



RGB prizma

Obr. 48

- kvalitné zobrazenie
- náročné na presné nastavenie

Štruktúry trojitého senzora

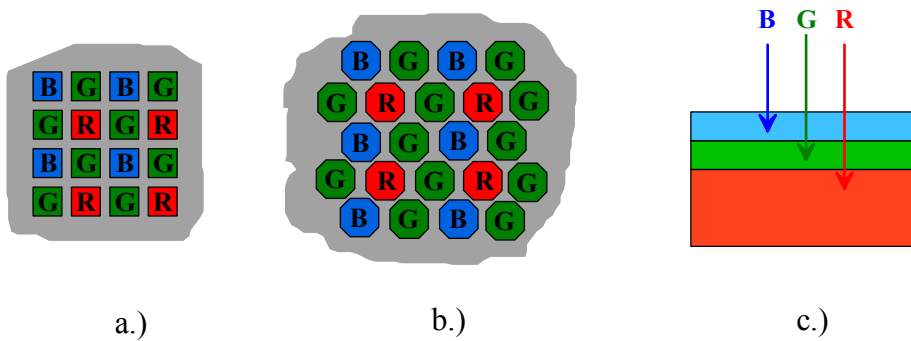
a.) klasické CCD

Poznámka: vylepšenie HAD (fa SONY)- šošovka pred pixelom

b.) Super CCD (fa FUJI) - osemuholníky, CCD SR, (zvýšená dynamika)

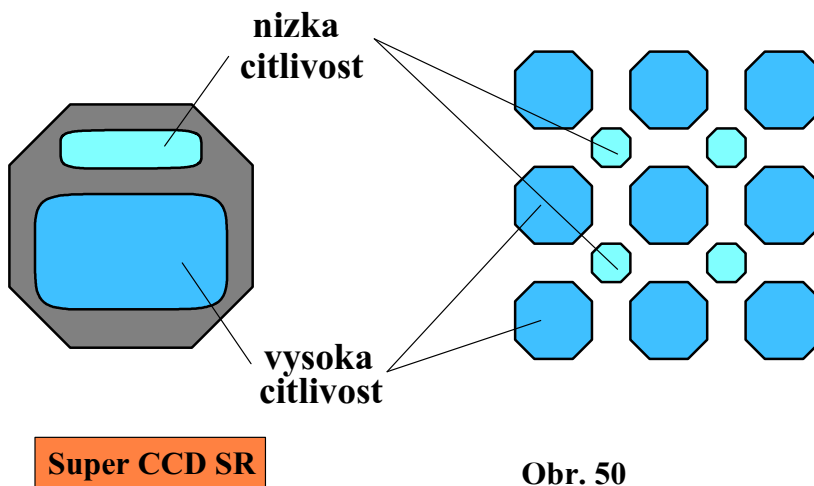
EXR techn (iné usporiadanie mozaiky, prepínanie pixelov)

c.) Trojvrstvový FOVEON



Obr.49

Zväčšenie dynamického rozsahu.



Obr. 50

- 6-2. 1. Aká je teda skutočná ohnisková vzdialenosť pre maticové senzory uvedených rozmerov ?
2. Ktoré typy objektívov sú v praxi viac používané - štandardné širokouhlé, alebo teleobjektívy ?
3. Expozičné doby sa vytvárajú elektronicky, t.j. frekvenciou hodinových (taktovacích) impulzov. Má opodstatnenie i mechanická uzávierka, teda zakrývanie a odkrývanie citlivej plochy na definovaný čas ?

6.3. Akustické metódy

Pre meranie vzdialeností a súradníc sú možnosti:

vysielanie:

- kontinuálne metódy - nepretržité
- impulzné metódy - vysielanie okamih

zachytenie :

- priama vlna
- odrazená vlna

6.3.1. Kontinuálne metódy

Fázová metóda

inkrementálna metóda

vždy pre $\varphi = 0 \rightarrow$ vznikne impulz \rightarrow pridaná λ vzdialenosť. (+ alebo - , smer)

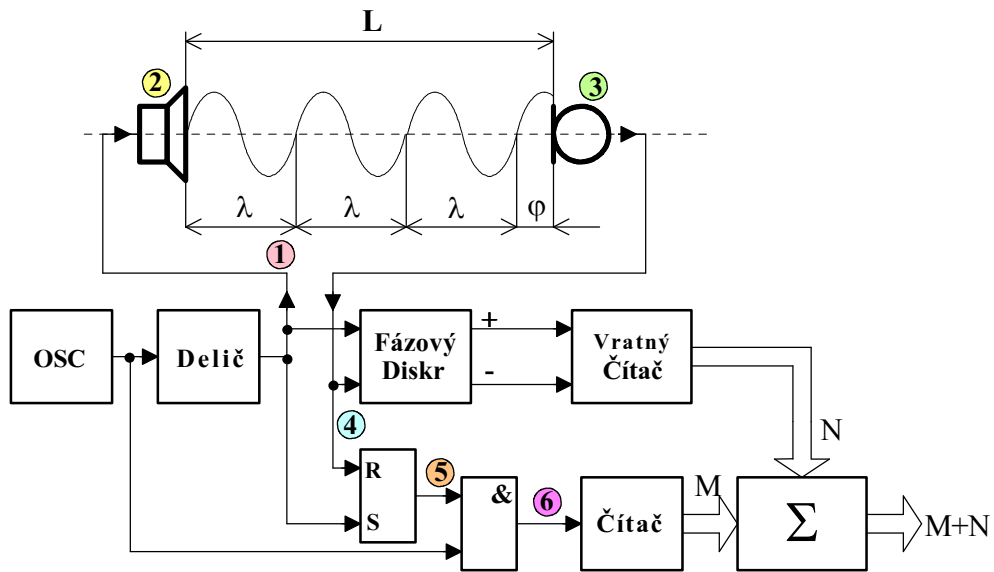
pre $f = 100$ kHz je $\lambda = 3,4$ mm

impulzy N reprezentujú vzdialenosť $N \lambda$.

doplňok $\varphi = L - N \lambda$, a platí $\varphi < \lambda$.

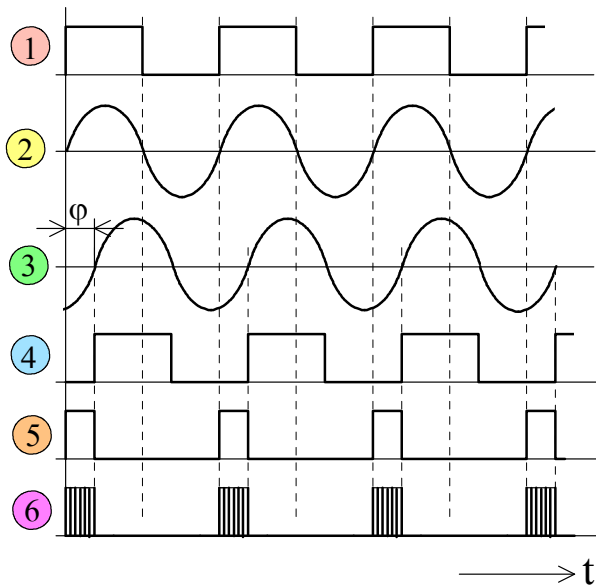
impulzy M - vzdialenosť φ .

v bloku Σ sa M a N sčítajú.



Obr. 51.

Časové priebehy

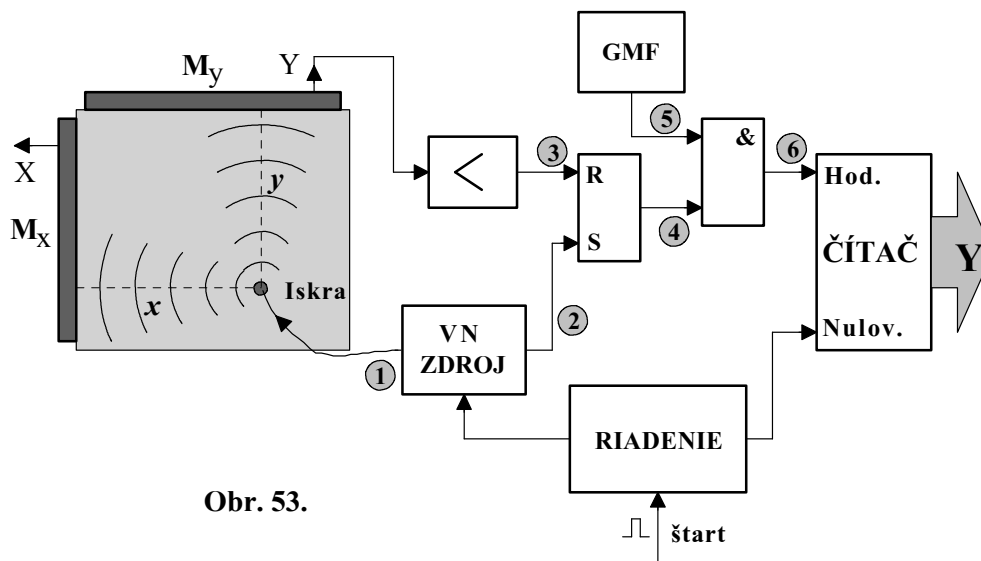


Obr. 52.

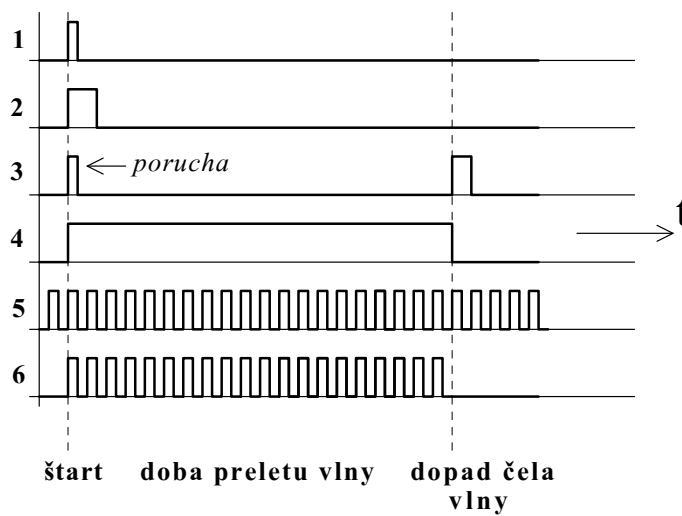
6.3.2. Impulzné metódy

metódy sú absolútne - skutočná vzdialenosť.
 potrebný akustický impulz (strmý nástup)
 modulovaná nosná - *rádiový impulz*

Na obr. 53 je meranie súradníc X - Y.



Obr. 53.



Obr. 54.

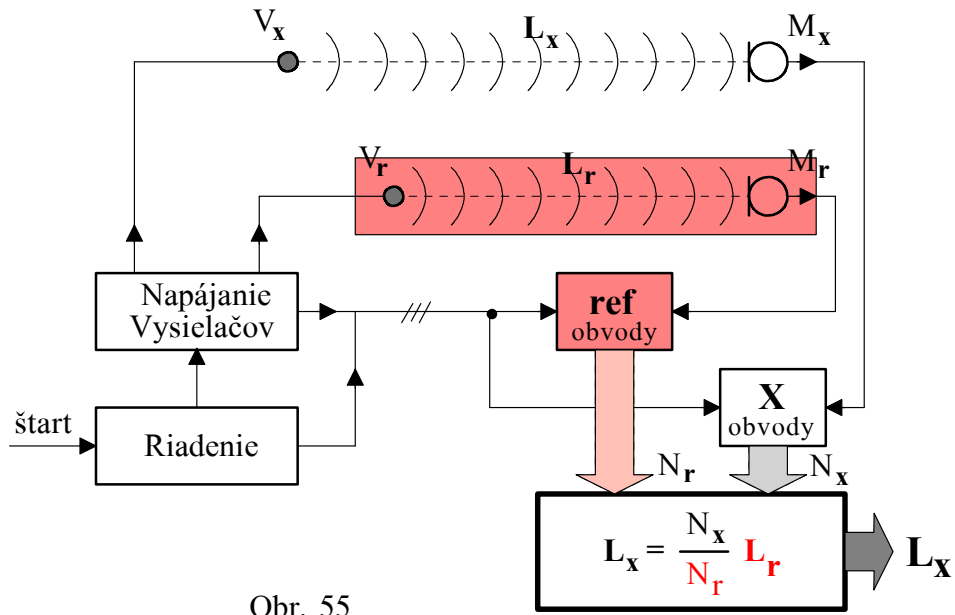
6.3.3. Referenčný kanál

Na obr. sú:

V_x, V_r - merací a referenčný vysieláč UZ vln

M_x, M_r - merací a referenčný mikrofón

ref obvody a X obvody - obvody na získanie počtu impulzov



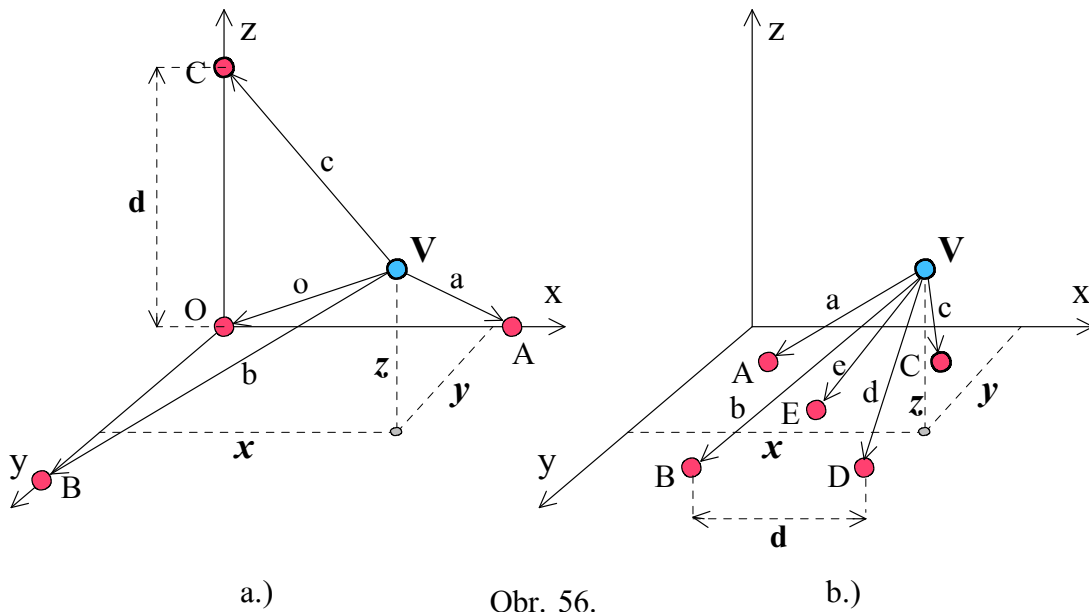
6.3.4. Priestorové merania

usporiadanie s bodovými, kvázibodovými, resp. guľovými mikrofónmi

nutné minimálne 3, pri použití 4-och a viac možná i určitá kompenzácia

a.) kompenzuje vplyv teploty a vlhkosti (4 mikro)

b.) kompenzuje aj gradient teploty v zvislom smere - častý (5 mikro)



zdroj guľovej vlny (piezo, iskra)
 snímače bodové, kvázibodové, alebo guľové
 meriame 4 (5) vzdialenosti , počty impulzov (N_a, N_b, N_c, N_o)
 súradnice - zložitejšie vzťahy.

Príklad pre x . (obr.a)

$$x = \frac{d^2 + K^2 (N_o^2 - N_a^2)}{2d} \quad \text{kde } K \text{ je z rovnice}$$

$$a_4 K^4 + a_2 K^2 + a_0 = 0 \quad \text{a koeficienty "a" sú rovné:}$$

$$a_4 = d^4 \left[(N_o^2 - N_a^2)^2 + (N_o^2 - N_b^2)^2 + (N_o^2 - N_c^2)^2 \right]$$

$$a_2 = 2d^6 [N_o^2 - N_a^2 - N_b^2 - N_c^2]$$

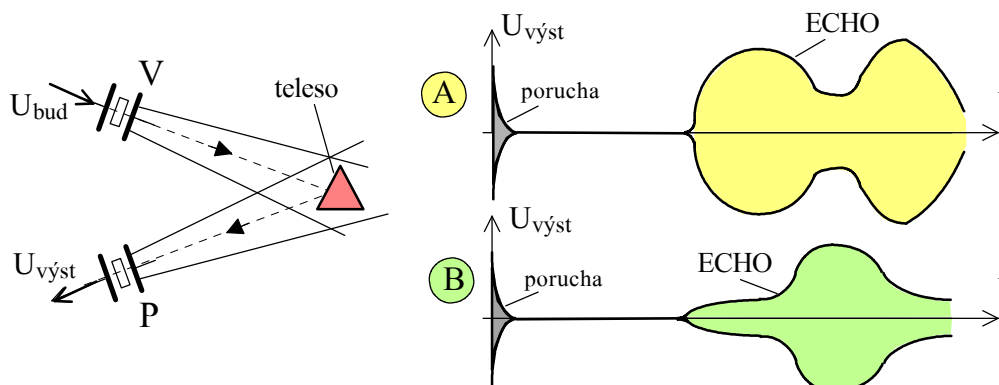
$$a_0 = 3d^8$$

Poznámka: Kompenzácia vektorových vplyvov - prúdenia je možná len cyklickou zámenou funkcie vysielачa a niektorého prijímača → nutné recipročné meniče.

6.3.5. Určenie tvaru telesa z "echa"

- ♦ približná metóda pre jednoduché, značne odlišné telesá
- ♦ využitá je odrazená vlna impulznej metódy

Princíp s naznačenými piezomeničmi je na obr. 57.



Obr. 57.

- obálka odrazenej vlny má určitý tvar - ECHO
- tvar je pre každé teleso iný (závisí tiež od natočenia)
- A je echo pre jeden typ telesa, B je echo pre iný typ telesa

Porovnaním so "štandardnými tvarmi" sa dá približne usúdiť, čo sa nachádza v zornom poli snímača.

- 6-3. 1. Kompenzuje referenčný kanál zmeny mernej frekvencie, ktorá je použitá pri premene na počet impulzov ?
2. Je možné použiť pre referenčný kanál spoločný prvok (vysielač, alebo prijímač) ?
3. Pri priestorovom usporiadaní nahradíme teoretický bodový menič reálnym guľovým. Treba túto zmenu uvažovať ?