

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

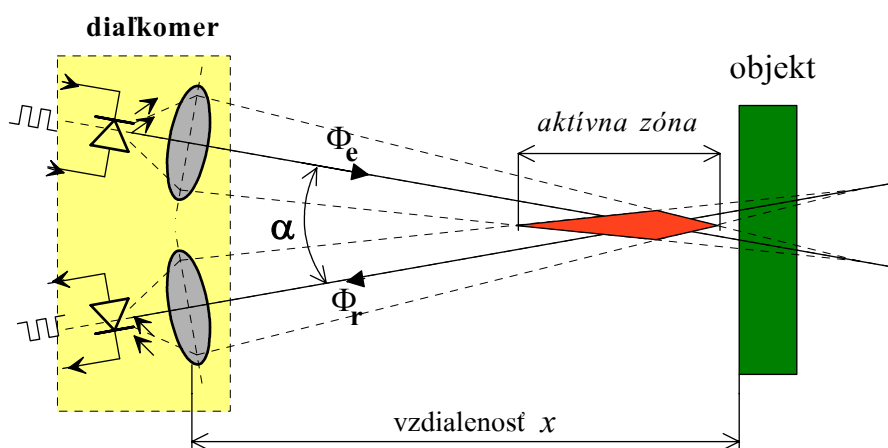
- snímače prekážok
- optické diaľkomery
- laserové 3D scannery a diaľkomery
- kamery

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)

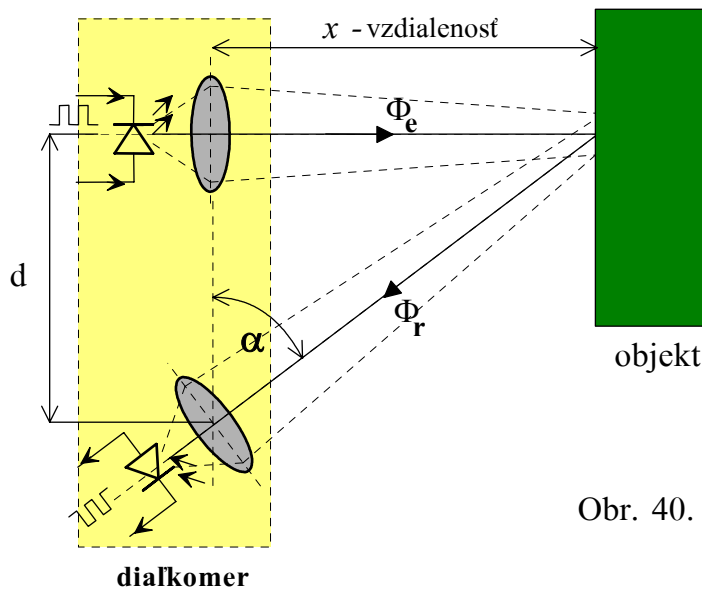
Koincidenčný diaľkomer

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

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

x meraná vzdialenosť

α uhol natočenia prijímača

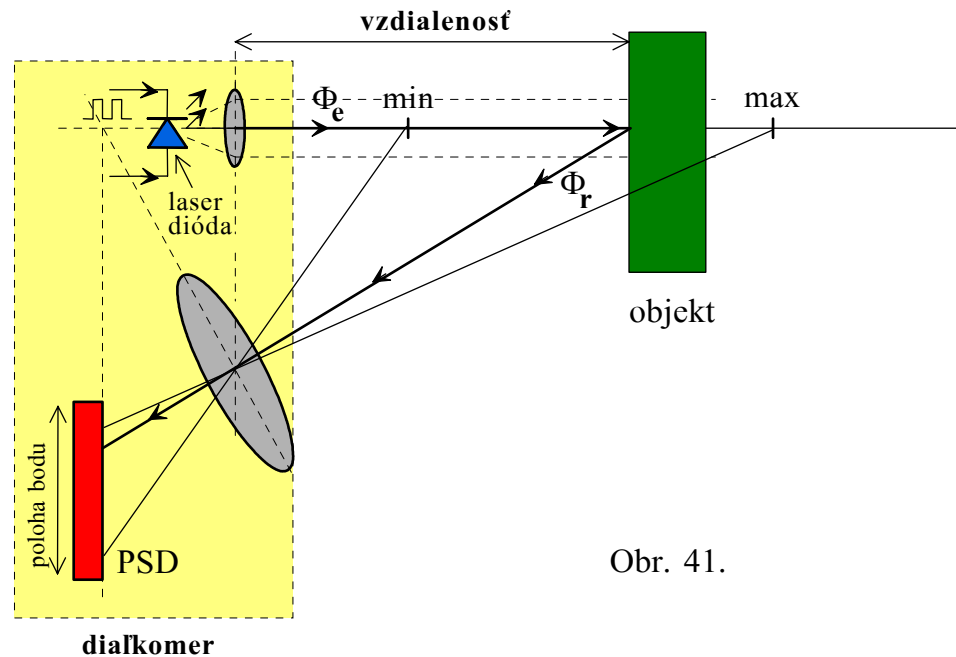


Obr. 40.

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

Poznámka: Čiste optický princíp - okom sa sleduje dvojité obraz v hľadáčku, 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) (radiolokačne)

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.

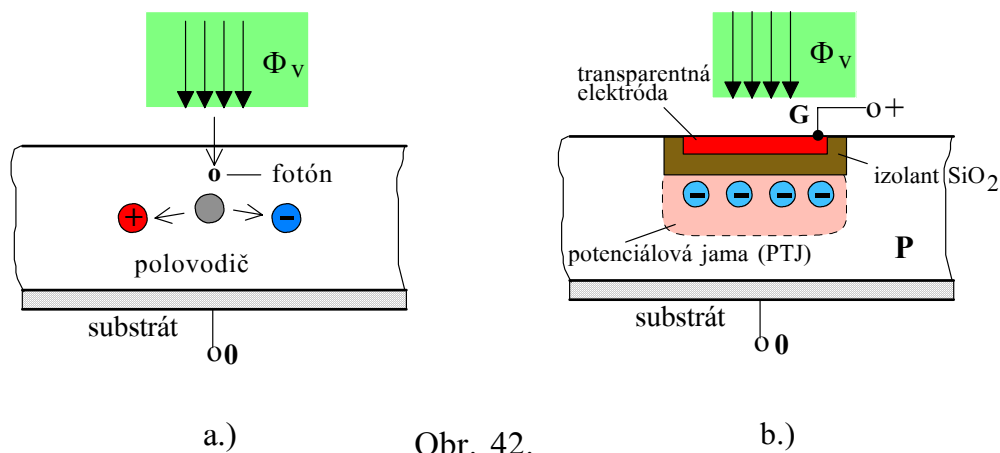
Triangulačný princíp v priestore

- 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



Uchovávame tzv. menšinové náboje, teda v P polovodiči elektróny. Tieto môžu vzniknúť :

- 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:

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

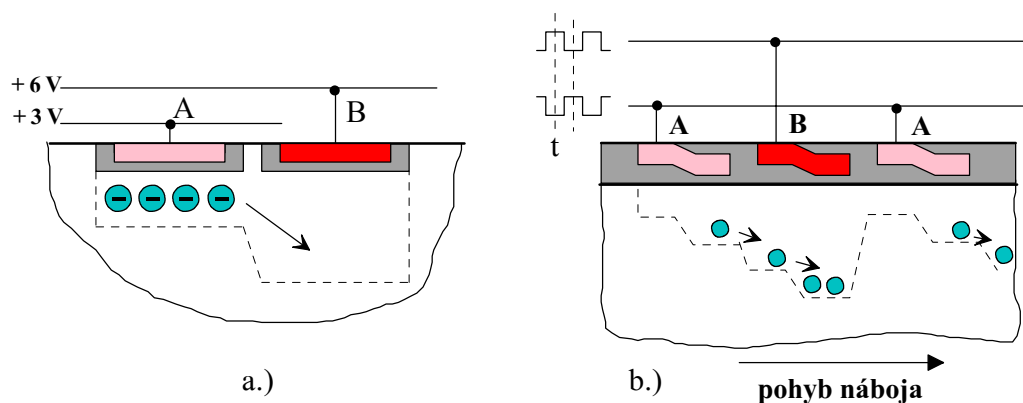
$$e = E \cdot t \quad [\text{lx} \cdot \text{s} ; \text{lx} ; \text{s};]$$

(6 - 2)

Poznámka: Doba existencie náboja v PTJ je asi $100 \text{ ms} \div 10 \text{ s}$. (vyrovnanie 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.

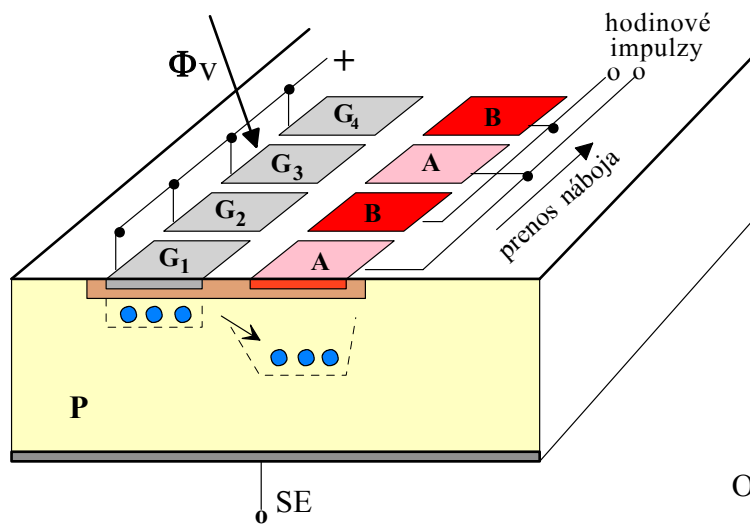
Vyšší potenciál vytvorí hlbšiu PTJ, nosiče do nej prepadávajú.

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



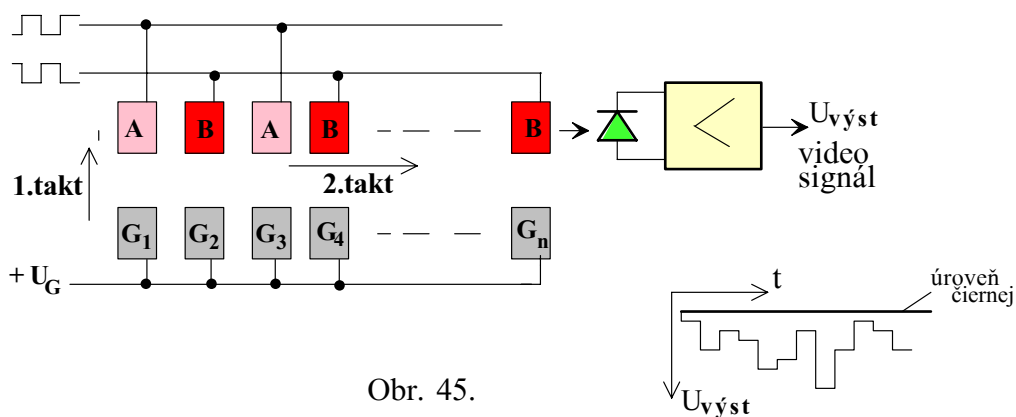
Obr. 44.

SE - spoločná elektróda (-)

G - akumuláčn élektrody, 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.(profi 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.

Citlivosť 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:

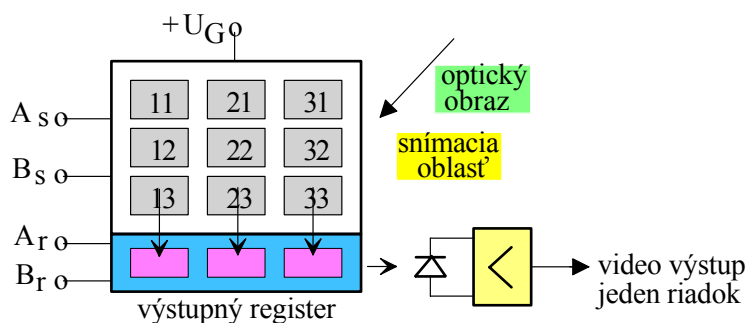
- niekoľko riadkových CCD (stĺpce)
- súčasné vysunutie - riadok
- vysúvanie a odčítanie riadku

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

Frame transfer (stačí elektronickej 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.

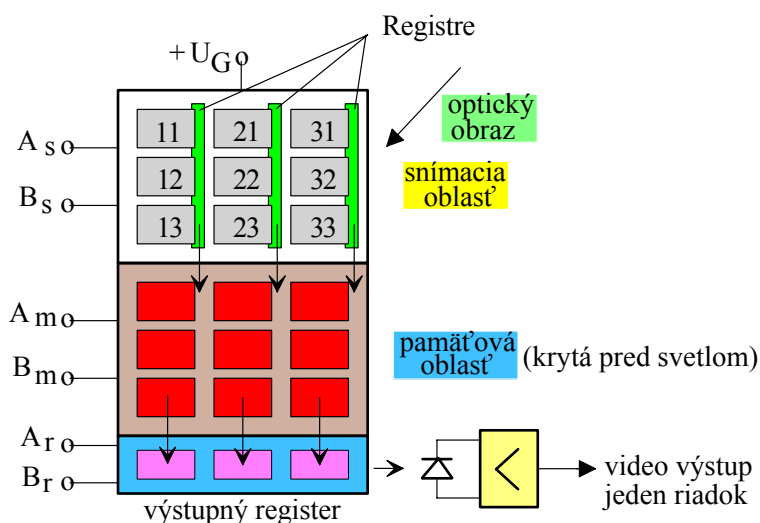
Činnosť :

- ♦ 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)



Obr. 47.

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 (**prekladaný**)
- ♦ 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 snímačej plochy, čo zodpovedá uhlu cca 40°. Pod týmto uhlom zhruba vníma okolie ľudské oko.

- ♦ štandardný, širokouhlý, teleobjektív, ZOOM (transfokátor, varioobjektív)
- kinofilm 24x36mm → uhlopriečka 43,3 mm, uhol 47,5° (strany 38° a 27°)

Poznámka: Pretože rozmer CCD snímačov je rôzny, rôzna je i štandardná f . Udáva sa potom ekvivalentná f pre kinofilmový rozmer 24 x 36 mm, čo je 50 mm (resp. 40 - 50), i keď skutočná veľkosť f je iná.

6.2.5. Snímanie vo farbe

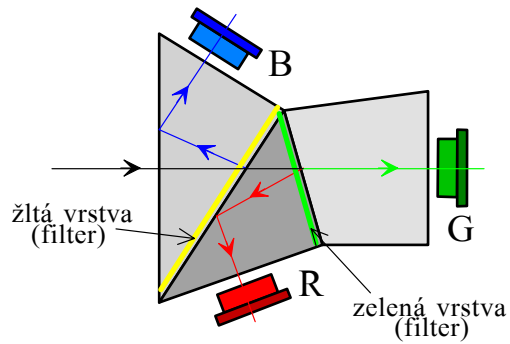
RGB systém - tri základné farby : R (Red - červená), G (Green - zelená),
B (Blue - modrá)

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

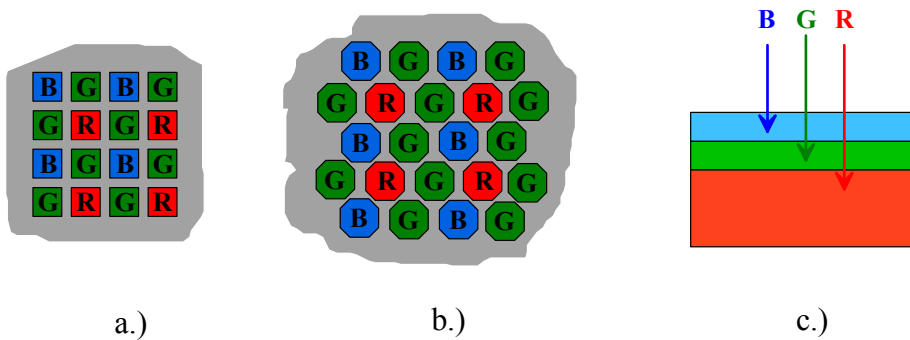
a.) klasické CCD

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.) Trojvrstvý FOVEON



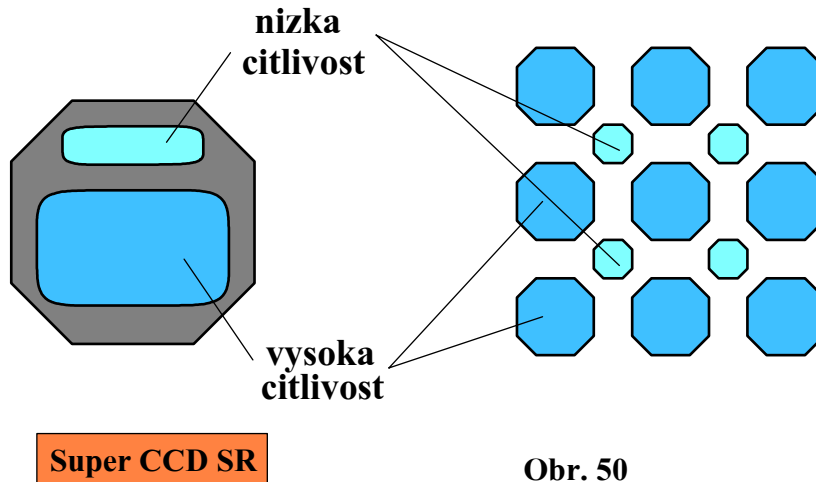
a.)

b.)

c.)

Obr.49

Zväčšenie dynamického rozsahu.



Obr. 50

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:

vysieleranie:

- kontinuálne metódy - nepretržité
- impulzné metódy - vysieleranie okamih

zачytenie :

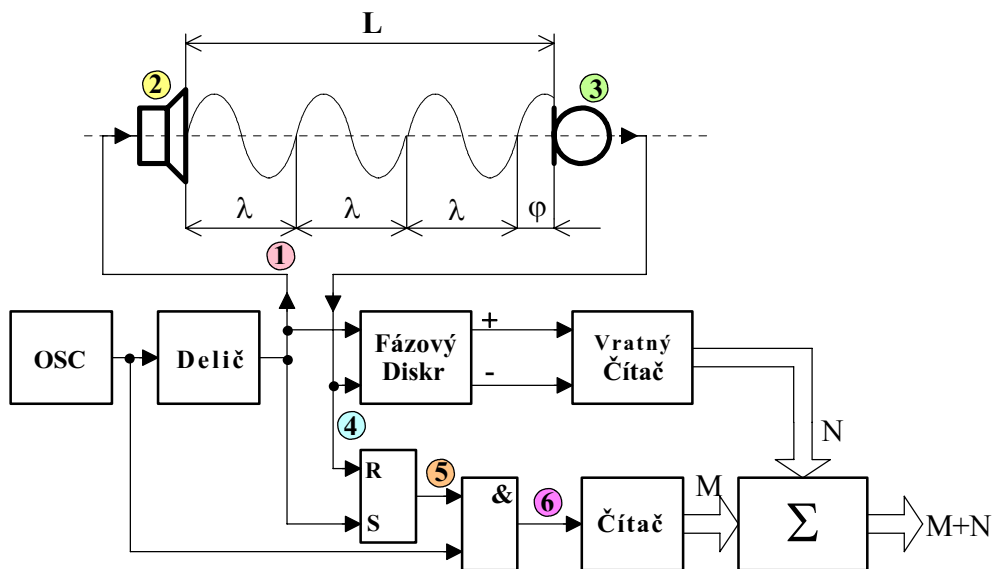
- priama vlna
- odrazená vlna

6.3.1. Kontinuálne metódy

Fázová metóda

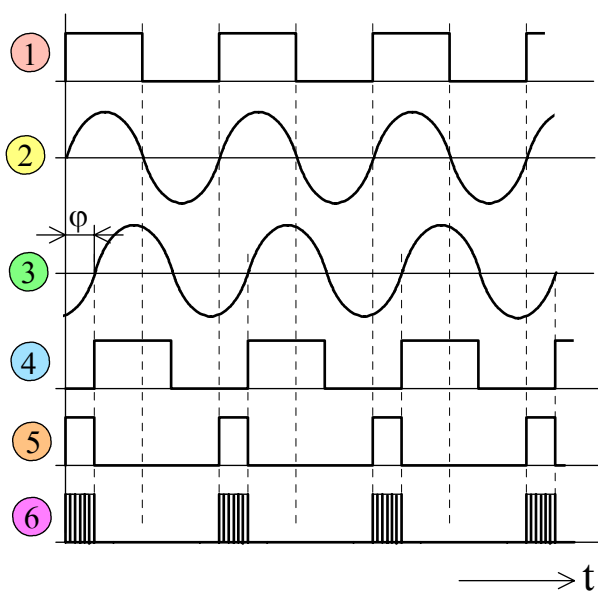
inkrementálna metóda

vždy pre $\varphi = 0 \rightarrow$ vznikne impulz \rightarrow pridaná λ vzdialenosť.(+ alebo - , smer)
 pre $f = 100 \text{ kHz}$ je $\lambda = 3,4 \text{ mm}$
 impulzy N reprezentujú vzdialenosť $N \lambda$.
 doplnok $\varphi = L - N \lambda$, a platí $\varphi < \lambda$.
 impulzy M - vzdialenosť φ .
 v bloku Σ sa M a N sčítajú.



Obr. 51.

Časové priebehy

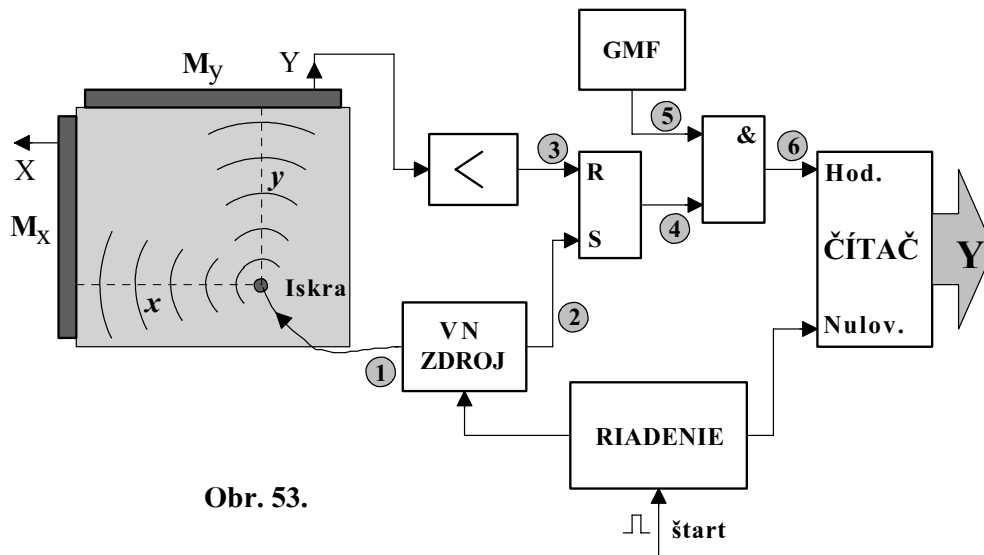


Obr. 52.

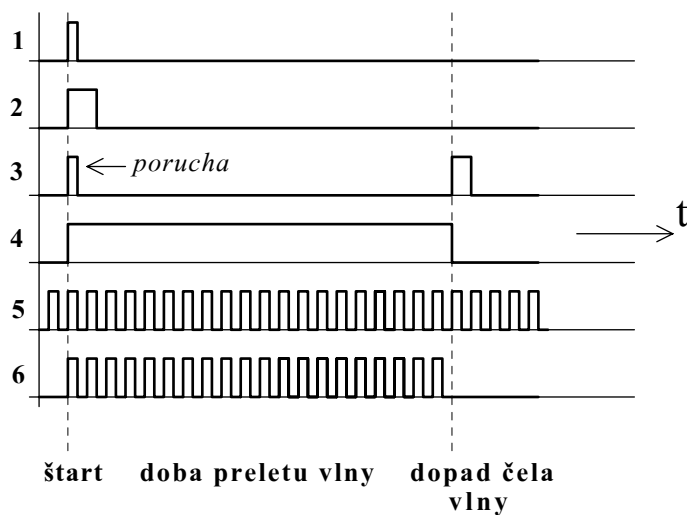
6.3.2. Impulzné metódy

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

Na obr. 53 je meranie súradníc X - Y.



Obr. 53.

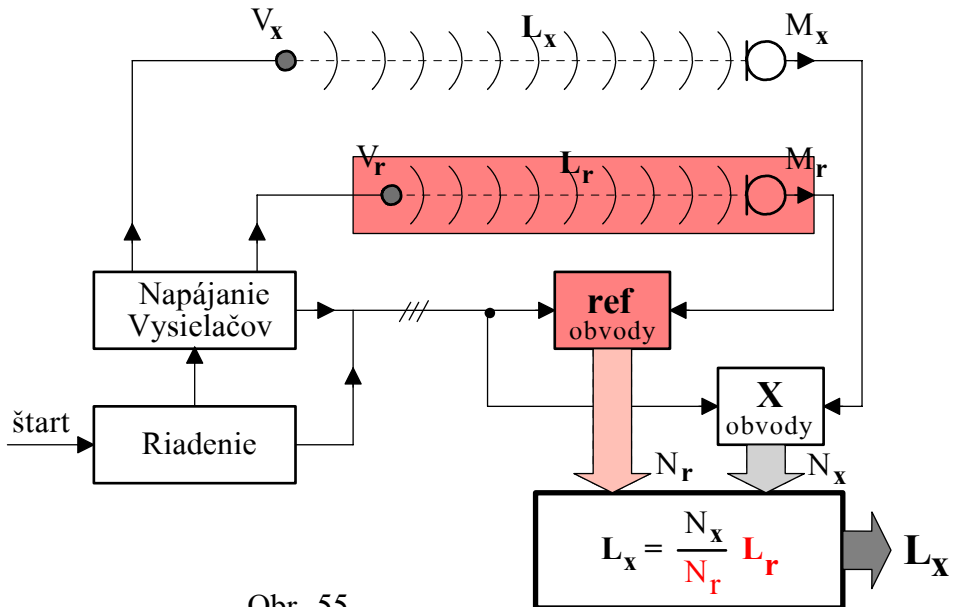


Obr. 54.

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



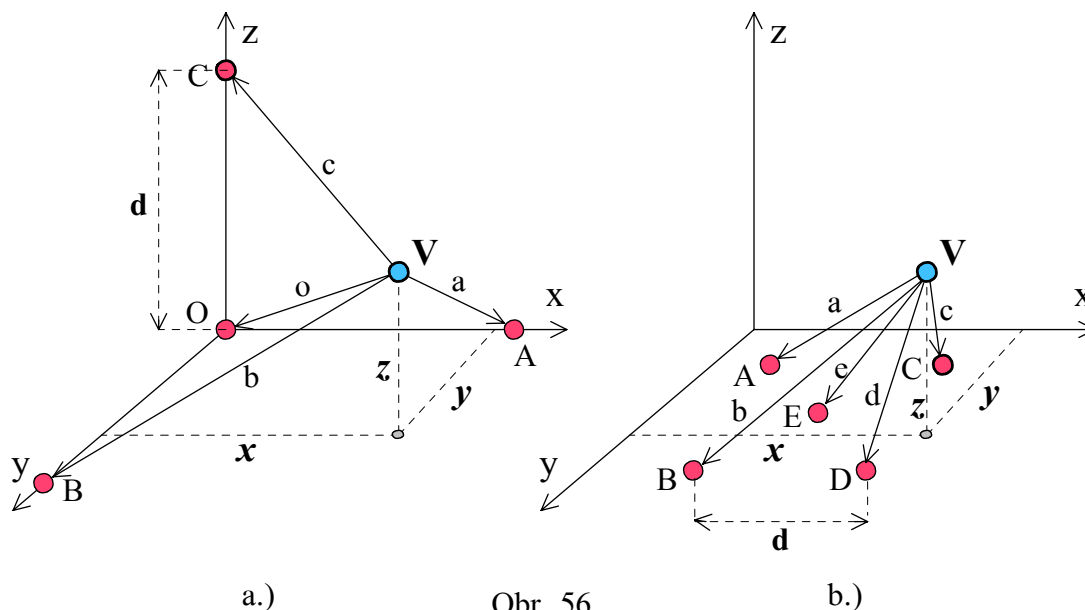
6.3.4. Priestorové merania

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)



Obr. 56.

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)

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

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

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

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

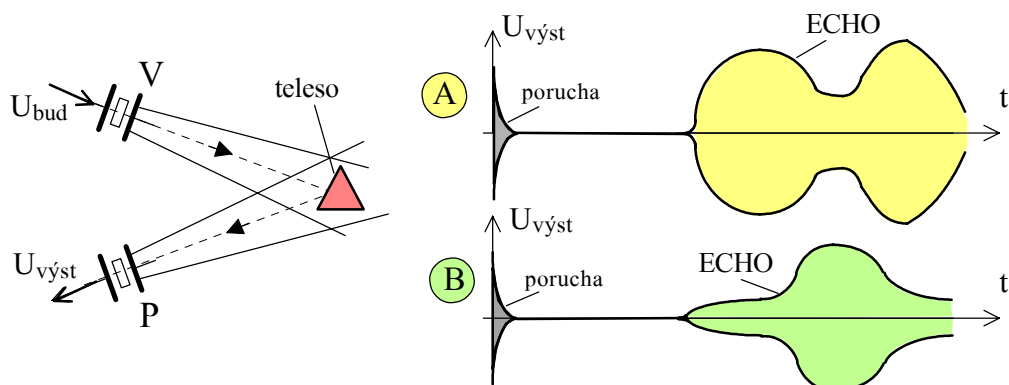
$$a_0 = 3d^8$$

Poznámka: Kompenzácia vektorových vplyvov - prúdenia je možná len cyklickou zámenou funkcie vysielača 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 ?