

5. TELEVÍZNE KAMERY



Obr. 5.1. Bezpečnostná kamera

Kamery sú základným a najdôležitejším prvkom kamerového systému. Snímajú obraz sledovanej scény a svetelnú energiu, odrazenú od predmetov v ich zornom poli, prevádzajú na elektrické signály. Tieto signály sú určené na prenos a ďalšie spracovanie. Základnou časťou televíznej kamery je optický snímač, ktorý premieňa dopadajúce svetlo na elektrický signál. Snímač musí byť doplnený o optický systém (objektív), ktorý zaistí, aby svetlo dopadlo na svetlocitlivú plochu v potrebnej kvalite. Ako optický snímač sa v minulosti používala snímacia elektrónka (vidikon, plumbikon), v súčasnosti sa používajú polovodičové svetlocitlivé snímacie prvky založené na technológii CCD (Charge Coupled Device), CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), alebo DPS (Digital Pixel System). Historický vývoj kamery bol nasledujúci [22]:

- 1884 - patent Nipkowovho kotúča. Paul Nipkow (Američan poľského pôvodu) vyvinul princíp riadkového rozkladu používaného v TV technike dodnes.
- 1934 - V.N. Zvorykin (Američan ruského pôvodu) vynašiel snímaciu elektrónku Ikonoskop.
- 1936 - 2.11. začala stanica BBC pravidelné televízne vysielanie.
- 1940 - Zdokonalenie snímacej elektrónky Ikonoskop na nový typ s názvom Superikonoskop so životnosťou rádovo 100 hodín.
- 1941 - prvá bezpečnostná kamera vyrobená so Superikonoskopom pre strážiacie účely. Jej základné parametre: citlivosť 50 lx, optika: 2,8/35 mm, rozmery 200x200x400 mm
- Polovica 50. rokov – rôzne varianty elektrónok ako napríklad Imageortikon alebo Superotikon. Pre svoje veľké rozmery nenašli uplatnenie v

kamerových systémoch. Až rozvoj tranzistorovej techniky v polovici 60. rokov priniesol rozšírenie využívania tejto techniky aj v oblasti bezpečnosti.

Polovica 60. rokov – bola vyvinutá zdokonalená snímacia elektrónka Vidikon. Cenovo relatívne dostupná snímacia elektrónka pre potreby kamerových systémov. Má dobrú rozlišovaciu schopnosť, citlivá na vypaľovanie, životnosť 1,5 roka.

1967 - prvé pokusy vytvoriť citlivú vrstvu z mozaiky jednotlivých kremíkových diód. Táto elektrónka s akumuláčnou elektródou mala svoje klady – vysokú citlivosť, dlhú životnosť, odolnosť na presvetlenie, vysokú citlivosť v IR pásme, menšiu zotrvačnosť ako klasický Vidikon. Mala však aj svoje zápory, ako vysoký prúd za tmy a možnosť vzniku škvŕn v obraze pri výpadku niektorých prvkov matice. V oblasti kamerových systémov sa používali výhradne s objektívmi s riadenou clonou.

1972 - bola vyvinutá elektrónka s akumuláčnou elektródou tvorenou heterogénnym prechodom PN s názvom Chalnicon (Toshiba).

1973 - bola vyvinutá elektrónka s akumuláčnou elektródou tvorenou amorfným selénom s názvom Satikon (Hitachi)

1980 - počiatok vývoja CCD optického snímacieho prvku.

1985 - v tomto roku bola na trh uvedená prvá komerčná CCD kamera, čo znamenalo absolútny prevrat vo vývoji snímacích prvkov a svojimi prednosťami umožnili prudký rozvoj bezpečnostných kamerových systémov.

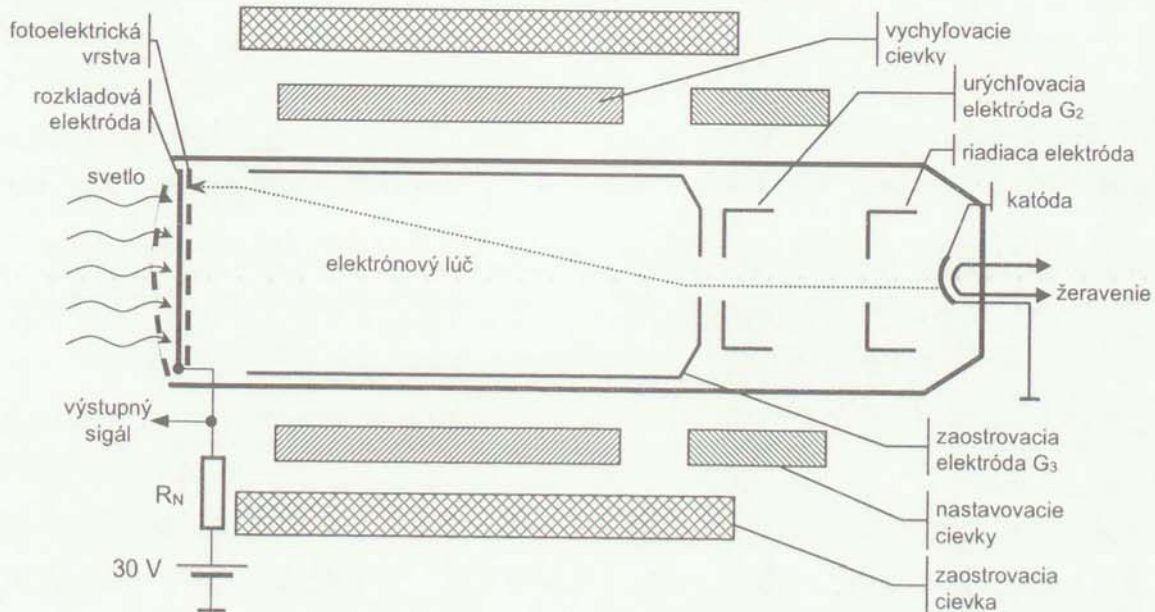
1990 - na Standfordskej univerzite bola vyvinutá nová prielomová technológia DPS vhodná pre kamerové systémy. Táto technológia poskytuje jedinečný dynamický rozsah až 100 dB, na rozdiel od technológie CCD, ktorá poskytuje dynamický rozsah rádovo 50 dB.

1996 - firma Axis Communication uviedla na trh prvú digitálnu IP kameru.

5.1. Technológie optických snímačov

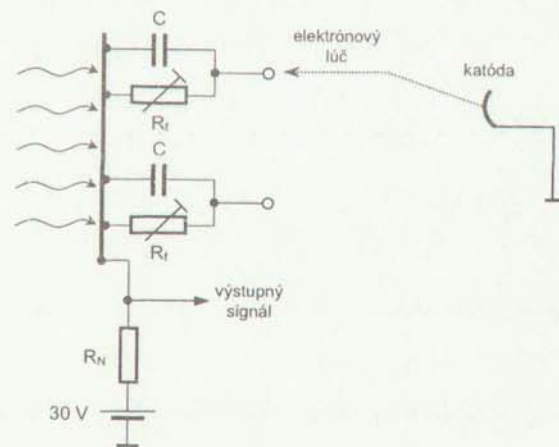
5.1.1. Vidikon

Je snímacia elektrónka, ktorá má na vnútornej čelnej stene skleneného valca naparenú priehľadnú elektródu (tzv. rozkladová elektróda), na ktorú dopadá svetlo. Princíp premeny dopadajúceho svetla na elektrický signál, spočíva v zmene elektrickej vodivosti vrstvy nanesej na rozkladovej elektróde v závislosti od intenzity dopadajúceho svetla.



Obr. 5.2. Funkčná schéma vidikonu

Túto svetlocitlivú vrstvu je si možné predstaviť ako množinu paralelne zapojených kondenzátorov (C) na jednej strane od seba oddelených. Tieto kondenzátory sa vybíjajú cez premenné rezistory (R_f), ktorých odpor sa mení v závislosti od intenzity osvetlenia vrstvy. Rozkladová elektróda (spoločná elektróda kondenzátorov) je cez rezistor R_N pripojená na napätie +30 V. Na svetlocitlivú fotoelektrickú vrstvu dopadá vo vnútri trubice elektrónový lúč vychádzajúci z katódy. Prúd lúča je riadený napätím na riadiacej elektróde G1. Elektróda

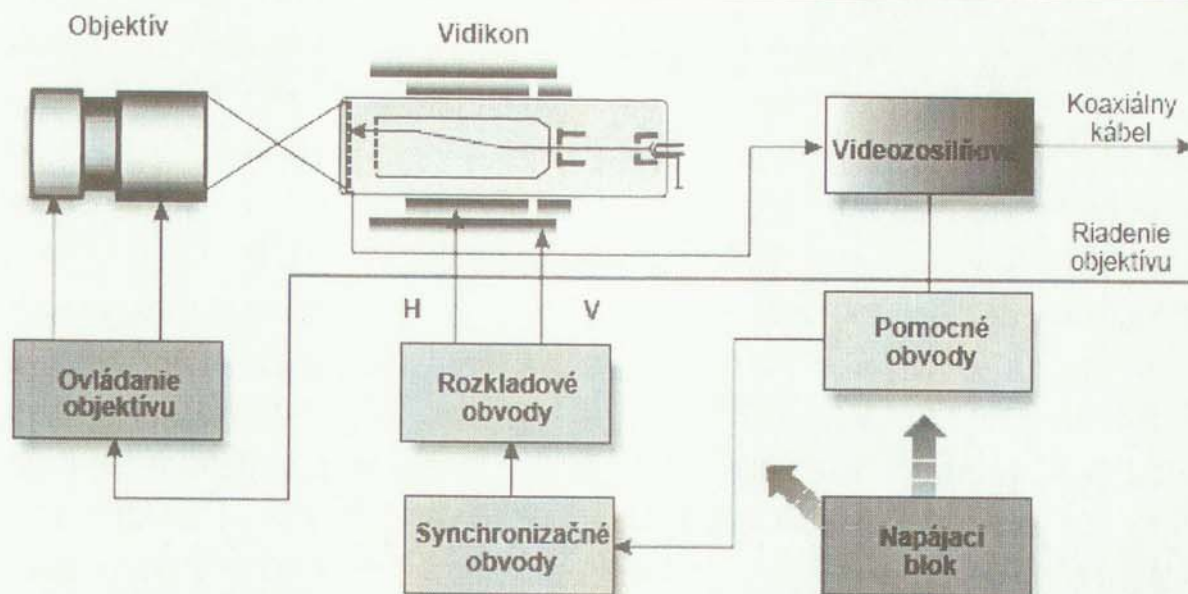


Obr. 5.3. Princíp snímání signálu z rozkladovej elektródy

G2 elektróny urýchľuje a elektróda G3 (anóda) lúče zaostruje do bodu na rozkladovej elektróde. Hlavný zaoštrovací účinok má súosá zaoštrovací cievka, ktorej pozdĺžne magnetické pole spôsobuje, že elektrónový lúč po vychýlení dopadá na elektródu kolmo. Lúč je vychýľovaný dvomi sústavami vychýľovacích cievok tak, aby sa pohyboval v riadkoch po rozkladovej elektróde. Správna poloha riadkového rastra sa nastavuje nastavovacími cievkami. Lúč pri dopade na rozkladovú elektródu postupne uzemňuje jednotlivé kondenzátory, takže sa v okamihu prechodu lúča nabíjajú zo zdroja napätia 30 V cez rezistor R_N . Po dobu trvania snímky, t. j. v čase, keď elektrónový lúč nabíja ostatné kondenzátory, sa príslušný kondenzátor C vybíja cez paralelný odpor R_f , ktorého hodnota sa mení v závislosti od zmeny osvetlenia príslušného bodu na rozkladovej elektróde. Opätovný nabíjací prúd je väčší alebo menší v závislosti od vybitia kondenzátora. Na rezistore R_N tak vznikne signálové napätie úmerné osvetleniu postupne riadkovaných bodov na signálovej elektróde.

Vidikony sú citlivé, snímajú obraz aj pri malom osvetlení. Ich výhodou je vysoká citlivosť, nevýhodou je zotrvačnosť. Táto vlastnosť nie je nevýhodou pri použití v uzavretých televíznych okruhoch. Zotrvačnosť sa odstráni pri použití tzv. plumbikonu pracujúcom na rovnakom princípe s tým rozdielom, že ako fotoelektrická vrstva je použitý polovodičový prechod typu PN.

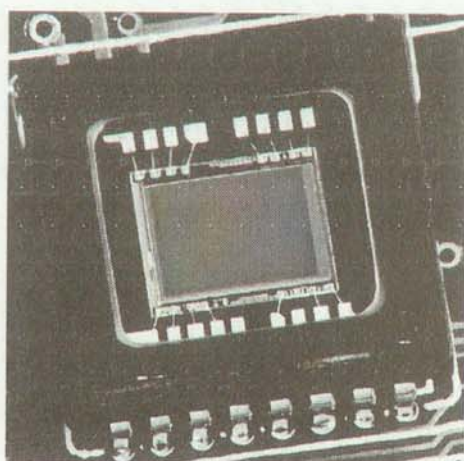
Televízna kamera so snímacou elektrónkou musí byť doplnená blokom obvodov na tvorbu synchronizačnej zmesi (zmes synchronizačných a zatemňovacích impulzov), ktorý ovláda príslušné vychýľovacie cievky. Na výstupe snímacej elektrónky musí byť videozosilňovač, ktorý upravuje výstupný videosignál vzhľadom na nelineárnu závislosť svetlocitlivej vrstvy od osvetlenia (korekcia gama) a vzhľadom k prierezu elektrónového lúča (apertúrová korekcia) a obnovuje jednosmernú zložku signálu potrebnú na nastavenie celkovej úrovne osvetlenia snímanej scény. Tento zosilňovač sa tiež nazýva kamerový zosilňovač. Jeho výstupná úroveň je normou definovaná na 1 V pri zaťažovacej impedancii 75 Ω .



Obr. 5.4. Bloková schéma kamery s vidikonom

V súčasnosti v kamerových systémoch používajú polovodičové optické snímače založené prevažne na CCD technológii. Existujú však niektoré špeciálne aplikácie, kde sa kamery so snímacími elektrónkami stále používajú. Patrí sem napr. využitie v jadrovej energetike a jadrovom výskume, kde v dôsledku radiácie majú kamery s polovodičovými snímačmi veľmi obmedzené možnosti použitia.

5.1.2. CCD snímač



Obr. 5.5. CCD snímač

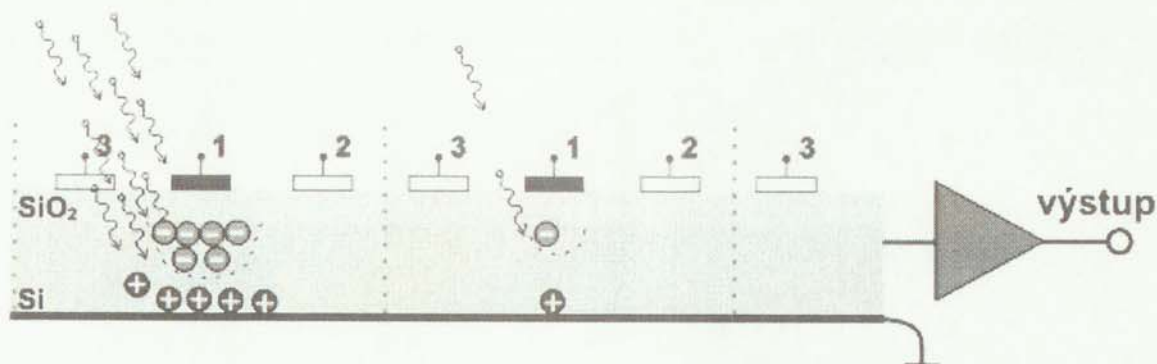
Objektív premieta zmenšený obraz sledovanej scény na plochu snímacieho CCD prvku. CCD snímací prvok je zložený z prvkov citlivých na svetlo, ktoré menia dopadajúce svetelné žiarenie na elektrický signál. Štruktúra CCD prvku je tvorená množstvom do pravidelného rastra usporiadaných snímacích buniek (pixelov). V tomto prípade bude používaný pojem bunka, pretože pojmom pixel bol doposiaľ označovaný obrazový bod zobrazovacej jednotky, resp. obrazu. Bunka predstavuje reálny fyzický prvok snímača CCD, čo nie je to isté ako pixel obrazu .

CCD je polovodičová súčiastka, ktorá bola pôvodne vyvíjaná pre použitie ako pamäťový čip. Ako pamäť sa príliš nevyužívala, nesmrteľnosť jej však zaistila schopnosť meniť dopadajúce svetlo na elektrický náboj. Vznikol tak CCD snímač obrazu. CCD snímač využíva podobne ako ostatné polovodičové súčiastky citlivé na svetlo vnútorný fotoelektrický jav. Tento jav spočíva v tom, že častica dopadajúceho svetla (fotón) pri náraze do atómu, dokáže vyraziť niektorý z jeho elektrónov do inej valenčnej vrstvy. V polovodičovej štruktúre sa takto uvoľnený elektrón môže podieľať na elektrickej vodivosti, respektíve je možné ho z polovodiča odvieť pomocou pripojených elektród, tak ako sa to deje napríklad vo fotodióde. Avšak u CCD je elektróda od polovodiča izolovaná tenkou vrstvou kysličníka kremičitého (SiO_2), takže fotoelektrickým javom uvoľnené elektróny nemôžu byť odvedené preč. Svetlo v podobe fotónov dopadajúcich na povrch kremíkovej doštičky sa ukladá ako náboj v potenciálových jamách. Tie znemožňujú voľný pohyb uvoľnených elektrónov a tým aj elektrického náboja po čipe. Dochádza tak k akumulácii náboja (podobne ako sa napríklad plní sud pritekajúcou vodou). Každá taká potenciálová jama predstavuje jeden pixel CCD snímača. Veľkosť zachyteného náboja je ovplyvňovaná predovšetkým intenzitou dopadajúceho svetla a dobou, po ktorú necháme CCD čip svetlu vystavený. (Podobne objem vody v sude zodpovedá veľkosti prítoku z hadice a dobe, po ktorú je sud plnený). Veľkosť náboja je ovplyvňovaná aj ďalšími vlastnosťami, ktoré v limitných prípadoch majú významnú úlohu [8-12], [52-54].

Činnosť CCD možno rozdeliť do troch fáz:

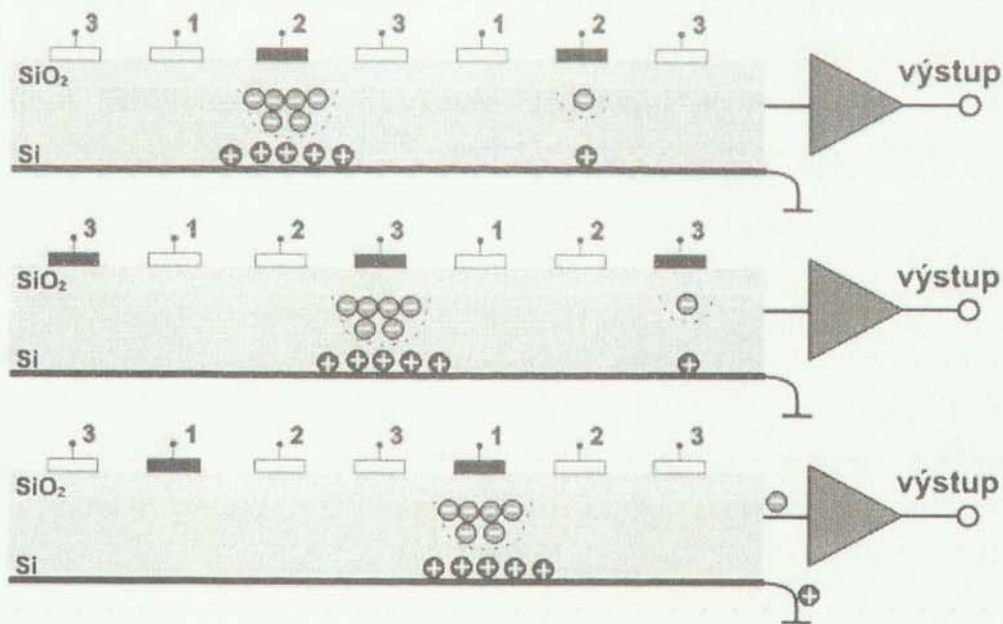
1. **Prípravná fáza** – počas tejto fázy sú z CCD bez prístupu svetla odobrané všetky voľné elektróny, čím je z neho zmazaný akýkoľvek zvyšok predchádzajúceho nasnímaného obrazu.
2. **Expozícia obrazu** – na elektródy označované na obrázku (Obr. 5.6) číslom 1, sa privedie kladné napätie a na CCD sa nechá pôsobiť svetlo (napr. otvorením závierky na fotoaparáte). Dopadajúce fotóny sa uvoľňujú v polovodiči, ktoré sú potom priťahované ku kladne nabitým elektródam. Po elektrónoch ostanú v polovodiči tzv. diery, ktoré oproti svojmu okoliu vykazujú kladný náboj a sú priťahované elektródou na spodnej časti snímača. Hranice buniek sú znázornené zvislými

čiarkovanými čiarkami. Pretože na bunku vľavo dopadlo viac fotónov, je pri jeho elektróde zhromaždených viac elektrónov ako v bunke vpravo.



Obr. 5.6. Fyzikálny princíp expozície obrazu

3. **Snímanie obrazu** – po uzavretí závierky sa začne na množinu elektród 1, 2 a 3 privádzať trojfázový hodinový signál. To znamená, že na elektródach 2 sa začne pozvoľna zvyšovať napätie, zatiaľ čo na elektródach 1 sa začne postupne znižovať. Následne sa celý dej opakuje medzi elektródami 2 a 3 a ďalej medzi 3 a 1. Zhluky elektrónov sa postupne presúvajú cez jednotlivé bunky smerom k výstupnému zosilňovaču. Tento zosilňovač potom zosilní malý prúd zodpovedajúci počtu elektrónov zachytených v jednotlivých bunkách. Jednotlivé bunky CCD snímača tak tvoria vlastne analógový posuvný register



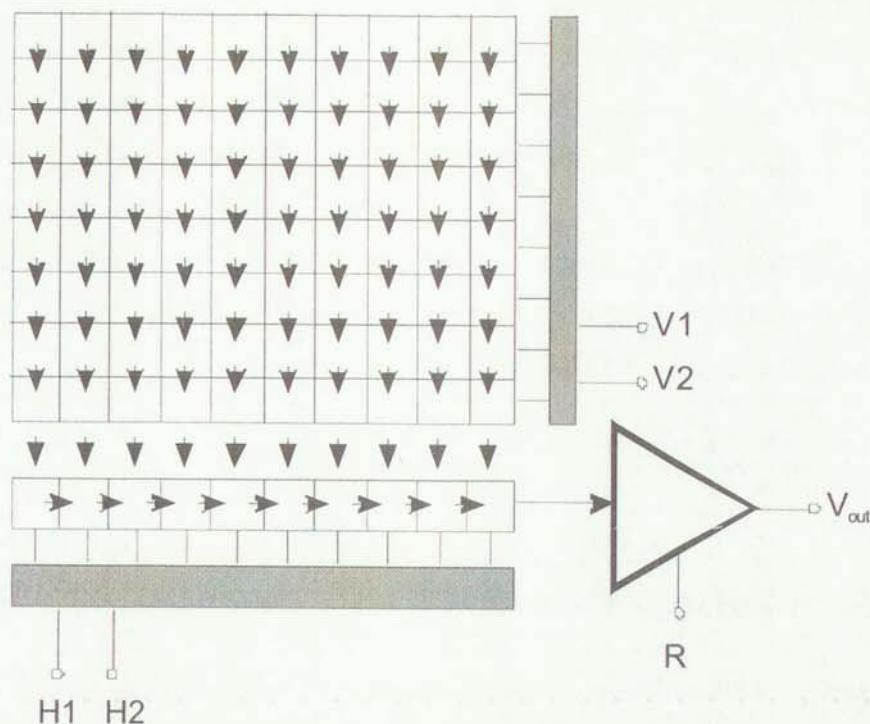
Obr. 5.7. Fyzikálny princíp snímania obrazu

Tento princíp posunu elektrónov v horizontálnom smere je využitý v lineárnych CCD snímačoch, ktoré sú vhodné všade tam, kde stačí snímať iba jednorozmerný obraz (napr. čítačka čiarového kódu).



Obr. 5.8. Premena čiarového kódu na elektrický signál pri snímaní

V prípade potreby snímania dvojrozmerného obrazu je potrebné využiť plošné CCD. Základný princíp tohto CCD snímača je ten, že namiesto toho, aby náboje na koncoch riadkov vstupovali do obrazových zosilňovačov, vstupujú do ďalšieho lineárneho CCD a nakoniec vstupujú do jediného zosilňovača zapojeného na jeho konci. Počas snímania je dopadajúcemu svetlu vystavená celá plocha čipu. Praktický problém je ten, že v priebehu posunu náboja po jednotlivých obrazových riadkoch sa nesmie snímať obraz. CCD čip by mal byť zaclonený, aby nedochádzalo k ovplyvňovaniu presúvaného náboja dopadajúcim svetlom. Preto pri takomto spôsobe snímania je potrebné používať mechanickú uzávierku. Tento spôsob snímania označovaný ako **plošný sken (full frame – FF)** je používaný predovšetkým v digitálnych fotoaparátach.



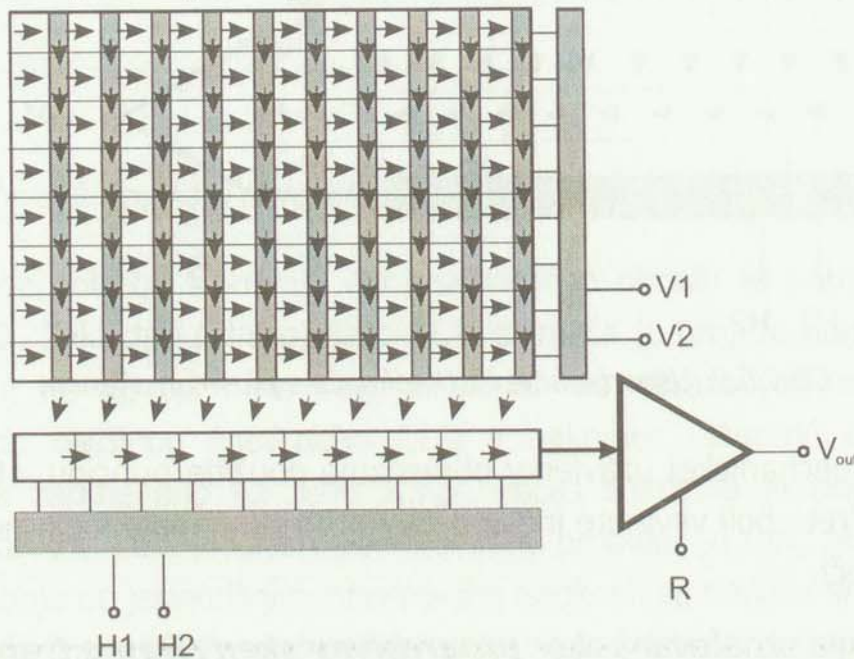
Obr. 5.9. Usporiadanie CCD snímača s plošným skenom

Použitie mechanickej uzávierky obmedzuje použitie princípu v televíznych kamerách. Preto boli vyvinuté iné spôsoby prenosu náboja k okraju štruktúry v CCD snímači.

Technológia označovaná ako **progresívny sken (frame transfer – FT)** používa čip rozdelený na plochu trvale vystavenú dopadajúcemu svetlu (**Imaging Area – IA**) a plochu trvale zakrytú (**Storage Area – SA**). Do nej sa v určenom okamihu prekopíruje obsah celej snímacej matice. V prípade progresívneho skenu sa najprv náboje presunú z jednej bunky do druhej vo vertikálnom smere. Tým sa naplní čítací register nábojmi, ktoré sa naexponovali v prvom riadku buniek. Tieto náboje sa v čítacom registri postupne posúvajú v horizontálnom smere do zosilňovača. Tento proces sa opakuje až sa nepresunú všetky náboje exponované v CCD snímači. Týmto spôsobom je jednoznačne určená pôvodná poloha náboja. Princíp sa označuje aj ako **elektronická uzávierka (electronic shutter)**.

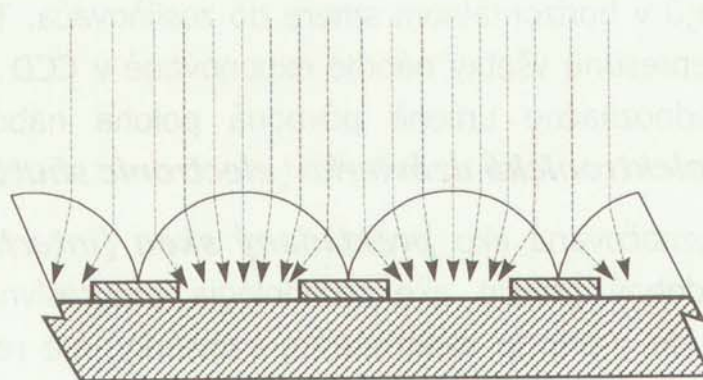
Technológia označovaná ako **prekladaný sken (interline transfer – IT)** používa podobný princíp ako technológia progresívneho skenu. Aj v tomto prípade ide o princíp elektronickej uzávierky, ale realizovanú iným spôsobom. Vždy vedľa každého stĺpca citlivého na svetlo je umiestnený podobný zakrytý a na svetlo necitlivý stĺpec, ktorý plní funkciu posuvného

registra analógového signálu (udržiava a posúva náboj k výstupnému zosilňovaču počas ďalšieho snímania obrazu). Náboje prechádzajú z buniek citlivých na svetlo najskôr do pomocných registrov a až potom z nich postupujú do hlavného registra, odkiaľ sa posúvajú do zosilňovača. CCD snímače využívajúce prekladaný sken boli vyvinuté pre televíznu techniku. CCD, ktorý využíva prekladaný sken vyzerá zložitejšie, avšak výrobné sú jednoduchšie a preto aj lacnejšie.



Obr. 5.10. Usporiadanie CCD s prekladaným skenom

Aby sa čo najviac zabránilo stratám v detekcii svetla spôsobeným neregistrovaním fotónov dopadajúcich na zakryté plošky, implantujú sa na povrch CCD snímača miniatúrne šošovky, ktoré lámu svetlo a smerujú ho len do oblastí citlivých na svetlo (Obr. 5.11).



Obr. 5.11. Šošovky na povrchu CCD IT snímača

Pôvodné CCD snímače určené na použitie v televíznej technike boli konštruované pre prácu v prekladanom režime. S výhodou sa tu používalo prekladané snímkovanie, pri ktorom sa snímaný obraz rozdelil na párne a nepárne polsnímky. Táto technika však prináša zníženú kvalitu obrazu pri snímaní rýchlo sa meniacich scén. Ako už bolo uvedené, televízny obraz sa vytvára z párnych a nepárnych polsnímok s časovým posunom 20 ms. Poloha rýchlo pohybujúceho sa objektu sa však za 20 ms zmení natolko, že nasledujúca polsnímka je na obraze posunutá. Pretože jednotlivá snímka vzniká postupným vykreslením dvoch polsnímok, v prípade snímania rýchlo sa pohybujúcich objektov, je snímaný obraz rozmazaný.

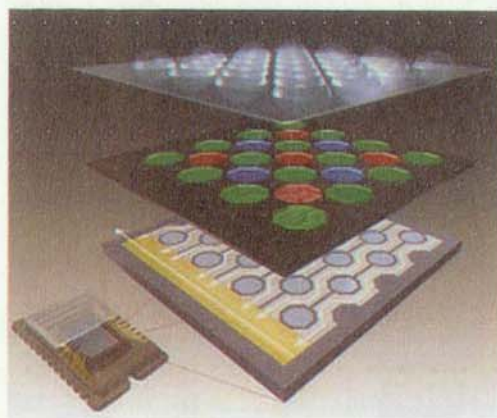


Obr. 5.12. Ukážka obrazu snímaného kamerou s CCD snímačom s progresívnym skenom a prekladaným skenom

Použitie CCD založeného na progresívnom skenovaní odstraňuje problémy vzniku neostrého obrazu spôsobeného prekladaným snímkaním.

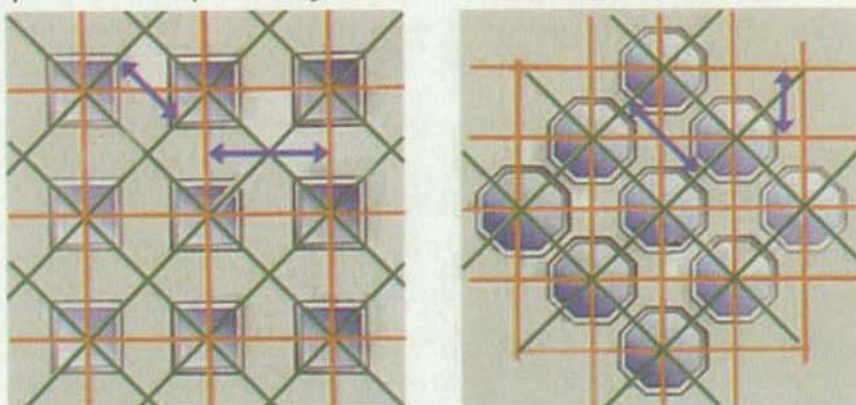
Super CCD

Princíp nového CCD je založený na poznatku, že ľudské oko citlivejšie vníma vertikály a horizontály ako diagonály. Preto je štruktúra Super CCD snímača oproti klasickému riešenie posunutá o 45°. Svetlocitlivá bunka nie je štvorcová, ale je to osemuholník. Vykrytie plochy osemuholníkovými prvkami je veľmi



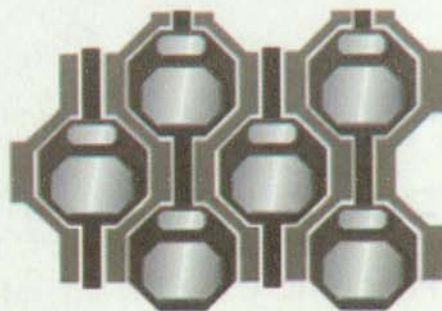
Obr. 5.13. Usporiadanie čipu Super CCD

výhodné pre dopočítavanie pixelov matematickou interpoláciou. Vďaka tomu sa dosahuje rovnomernejšie vykrytie plochy snímača. Nový tvar priniesol vyššiu citlivosť snímača, vyšší dynamický rozsah, resp. odstup signálu od šumu a to pri rovnakom počte buniek. Vďaka tomu snímač s nižším rozlíšením môže produkovať kvalitnejší obraz ako klasický snímač s vyšším rozlíšením. Super CCD má citlivé prvky doplnené miniatúrnymi šošovkami. Tým sa podarilo zvýšiť ich citlivosť, ktorá zodpovedá ISO 800. Nové riešenie umožňuje rýchlejšie načítavanie informácie, takže ho možno použiť na realizáciu snímania obrazu rýchlosťou 30 snímok za sekundu vo vysokom rozlíšení. Super CCD nepotrebuje uzávierku, čo zjednodušuje konštrukciu.



Obr. 5.14. Porovnanie svetlocitlivých buniek v CCD a Super CCD snímači

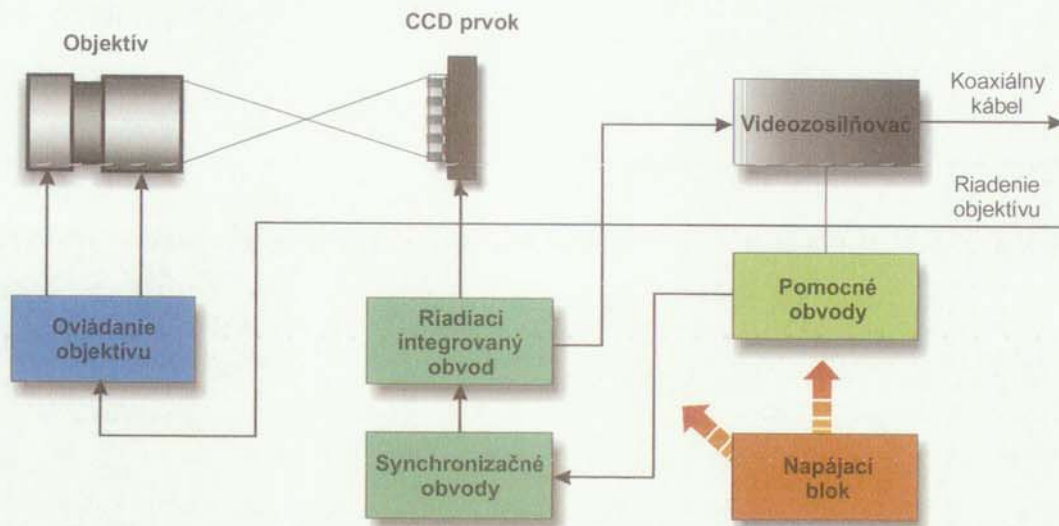
Modifikácia **Super CCD SR** má v jednej snímačej bunke dve fotodiódy, pričom jedna (väčšia) je primárna, druhá sekundárna. Sekundárna fotodióda je menšia a je nastavená na nižšiu citlivosť (teda nižšiu energetickú efektívnosť). Informácia oboch snímacích fotodiód je inteligentne spracovaná signálovým procesorom kamery, a tak sa dosahuje obraz s väčším počtom detailov v jasných aj tmavých častiach obrazu. Táto technológia je analógiou klasických filmových materiálov, v ktorých existujú viac a menej citlivé vrstvy – práve tým je zaistená obrovská farebná hĺbka filmového materiálu.



Obr. 5.15. Usporiadanie snímača Super CCD SR

CCD snímač vyrobený ktoroukoľvek z uvedených technológií je schopný snímať len rôzne úrovne jasu. Aby v televíznej kamere vznikol televízny

obraz, CCD snímač musí byť doplnený obvody, ktoré vytvoria úplný televízny signál. CCD snímač musí byť riadený riadiacim obvodom, ktorý okrem iných funkcií generuje riadiace impulzy pre posun akumulovaného náboja v posuvných registroch vnútri štruktúry CCD. Zosilnený videosignál musí byť doplnený synchronizačnými impulzmi, aby v prijímači bolo možné obraz spätne rekonštruovať. Princiálna schéma čiernobielej televíznej kamery je na nasledujúcom obrázku (Obr. 5.16).



Obr. 5.16. Blokovaná schéma čiernobielej kamery s CCD snímačom

V súčasnosti sa veľmi často požaduje snímanie a zobrazovanie farebného obrazu. Ako už bolo uvedené v predchádzajúcich riadkoch, snímače ako také farbu dopadajúceho svetla nerozlišujú. Každý bod snímača registruje iba intenzitu svetla, ale nie jeho vlnovú dĺžku, resp. frekvenciu, ktorá určuje farbu svetla. Snímač samotný je teda „farboslepý“ a jeho prirodzeným výstupom je obraz v stupňoch sivej.

Princíp vytvárania farebného obrazu vychádza z princípov používaných v čiernobielej televízii. Farebná televízna kamera používa snímacie a kódovacie zariadenia založené na rovnakých základných princípoch ako čiernobiela kamera. Snímanie farebného obrazu je zložitejšie ako doposiaľ popisované čiernobiele snímanie obrazu. Na použitie v kamerách určených pre uzavreté televízne okruhy sú niektoré obvody zjednodušené. Existuje viacero technológií, ktoré umožňujú rozlišovať farbu svetla dopadajúceho na snímač.

Pri vytváraní farebného obrazu v televíznej kamere s CCD snímačom sa vychádza z fyziológie videnia ľudského oka, ktoré farebný obraz vníma

bunkami s rôznou citlivosťou na svetlo rôznych vlnových dĺžok (pozri kap. 2.1). Pri konštrukcii farebnej televíznej kamery sa využíva princíp aditívneho miešania základných farieb – červenej, zelenej a modrej.

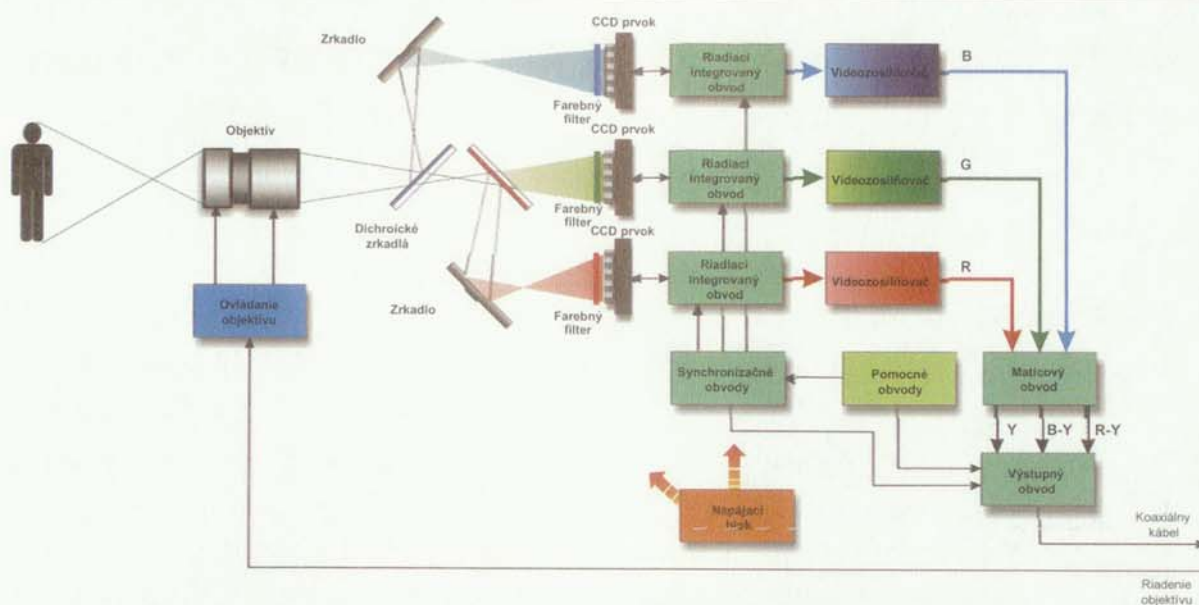
Pomocou CCD snímačov možno farebný obraz snímať v zásade dvoma technikami. Bud' sa pre každú z troch základných farieb (R, G, B) použijú tri samostatné CCD snímače, pred ktoré sa umiestnia farebné filtre, alebo sa farebné filtre umiestnia v šachovnicovom vzore pred jednotlivé bunky jediného CCD snímača.

Kamera s 3 CCD snímačmi

Obraz snímanej scény je po prechode objektívom filtrovaný pomocou špeciálnych polopriepustných – tzv. dichroických zrkadiel, ktoré niektoré vlnové dĺžky svetla prepúšťajú a iné odrážajú. Obraz je tak dvomi dichroickými zrkadlami rozdelený do troch výtlačkových obrazov v základných RGB farbách. Tieto tri výtlačkové obrazy sú snímané samostatnými optickými snímačmi, ktoré vytvárajú videosignály zodpovedajúce jednotlivým farbám. Výstupné videosignály jednotlivých snímačov sú potom spracované v maticovom bloku. V maticovom bloku sa z troch samostatných farebných signálov, vytvára jasová informácia (Y) pre čiernobielu televíziu a rozdielové farbonosné signály (B-Y, R-Y), ktoré sú následne modulované podľa použitej televíznej normy (NTSC, PAL, SECAM).



Obr. 5.17. Optický systém kamery s 3 CCD snímačmi



Obr. 5.18. Bloková schéma farebnej kamery s tromi CCD snímačmi

Takéto usporiadanie televíznej kamery dáva kvalitný farebný obraz, pretože všetky tri základné farebné zložky sú snímané v plnom rozlíšení. Použitie 3 CCD snímačov, dichroických zrkadiel a farebných filtrov však výrazne zvyšuje cenu kamery. Preto sa takéto kamery používajú predovšetkým v televíznych štúdiách, prípadne pre profesionálne alebo poloprofesionálne videokamery. Lacnejšie videokamery a kamery na použitie v uzavretých televíznych okruhoch používajú jednoduchšie riešenie s jedným snímacím CCD prvkom.

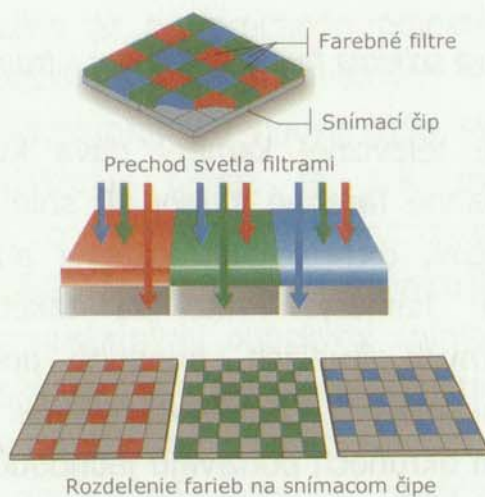
Kamera s jedným CCD snímačom

V kamere je použitý len jeden snímací prvok, pred ktorým je umiestnený farebný filter. V súčasnosti je v kamerách najčastejšie používaný tzv. **Bayerov mozaikový filter** (Obr. 5.19). Jeho konštrukcia vychádza z poznatku, že ľudské oko je citlivejšie na svetlo vlnových dĺžok zelenej farby. Každému snímaciemu prvku CCD čipu je priradený farebný filter jednej z troch základných farieb (červený, zelený alebo modrý), pričom počet filtrov zelenej farby je dvojnásobný oproti filtrom červenej alebo modrej farby. Každá zo svetlocitlivých buniek tak reaguje len na jednu spektrálnu zložku svetla. Pretože snímacie svetlocitlivé prvky majú menšiu citlivosť voči niektorým farbám – najmä voči červenej a modrej, niektorí výrobcovia používajú modifikáciu tohto filtra s elementami v doplnkových farbách – žltej

(zelená + červená), zelenej a azúrovej (zelená + modrá). Podľa toho potom konštruujú maticu, v ktorej sa vytvárajú signály pre farebné kódovanie.

V súčasnosti sa vo farebných filtroch využívajú dva typy komplementárnych trojíc farebných filtrov:

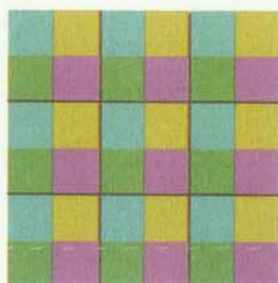
- **RGB** (Red, Green, Blue) – filtre rozkladajú farebné spektrum svetla do základných zložiek – červenej, zelenej a modrej. Táto tradičná kombinácia však má nevýhodu vo filtri, kde každá farba pokrýva len asi 1/3 spektra. To znamená, že filtrom môže prejsť len asi 1/3 energie svetla. Výhodou je naopak jednoduchá výroba a veľmi dobré farebné podanie zloženého obrazu.



Obr. 5.19. Usporiadanie Bayerovho mozaikového filtra

- **CMY** (Cyan, Magenta, Yellow) – filtre rozkladajú farebné spektrum svetla do tzv. doplnkových farieb – azúrovej, purpurovej a žltej. Výhodou tohto princípu je schopnosť každého filtra pokryť až 2/3 spektra, pretože každý filter doplnkovej farby prepustí 2 základné farby – napríklad žltý filter prepustí svetlo zelenej a červenej farby. Každý pixel prekrytý C, M alebo Y filtrom tak v porovnaní s RGB filtrom zachytí 2× viac svetla. To znamená, že CMY farebné čipy môžu byť až 2× citlivejšie v porovnaní s RGB čipmi. Je však pomerne ťažké vyrobiť kvalitný fialový filter. Vyrobiť filtre prepúšťajúce zložky R, G a B, prípadne C a Y je relatívne jednoduché. Ale fialová (M) je doplnok k zelenej, takže filter prepúšťajúci fialovú by mal prepustiť červenú, blokovat' zelenú a opäť prepustiť modrú farbu. Výroba takého filtra ako kombinácia skiel je relatívne možná. Ale vyrobiť taký filter na vybraných pixeloch CCD čipu je veľmi náročné. To spôsobuje

nepresnosti vo farebnom podaní. Preto sa takéto filtre zatiaľ používajú len v lacnejších kamerách. Niektorí výrobcovia preto kombinujú CMY filtre so zeleným filtrom (čip je šachovnicovo pokrytý prekladanými M, G, M, G, ... a C, Y, C, Y, ... riadkami). Farebná reprodukcia stále nie je perfektná a CMYG čipy sú určené skôr pre citlivé videokamery s nízkym rozlíšením.

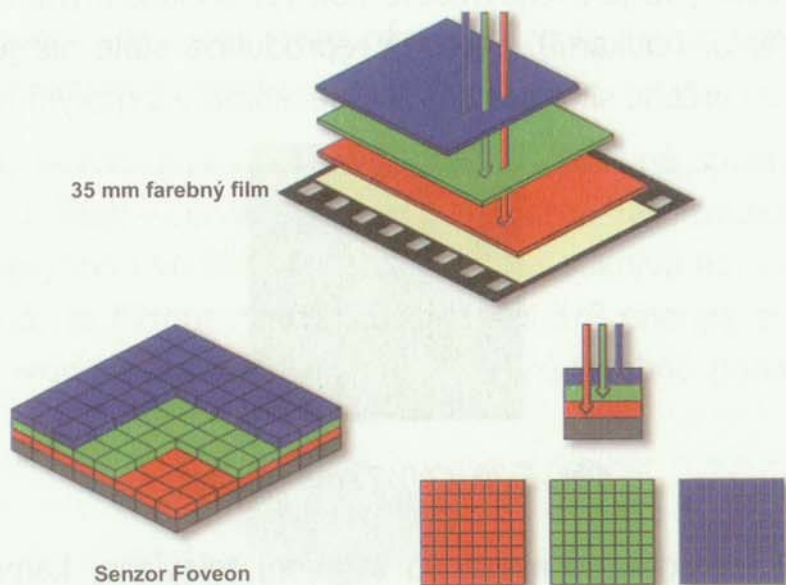


Obr. 5.20. CMYG farebný filter

Ako je teda spracovaný obraz vo farebnej televíznej kamere s jedným snímačom? Zväzky lúčov odrazených od snímaného objektu prejdú objektívom a cez farebné filtre dopadnú na príslušnú časť CCD snímača. V príslušnej bunke CCD snímača opäť vznikne elektrický náboj, ale jeho veľkosť už závisí nielen od intenzity svetla, ale aj od jeho farebného zloženia. Riadiaci obvod kamery, ktorý následne spracováva elektrické signály zo snímača vie, že – zjednodušene povedané – bunka číslo 1 v rade 1 má zelený filter, bunka 2/1 červený, bunka 3/1 zelený atď., potom v ďalšom rade 1/2 modrý, 2/2 zelený, 3/2 modrý atď. Riadiaci obvod takto získané signály následne prenáša na vstupy maticového obvodu zodpovedajúce jednotlivým farebným zložkám.

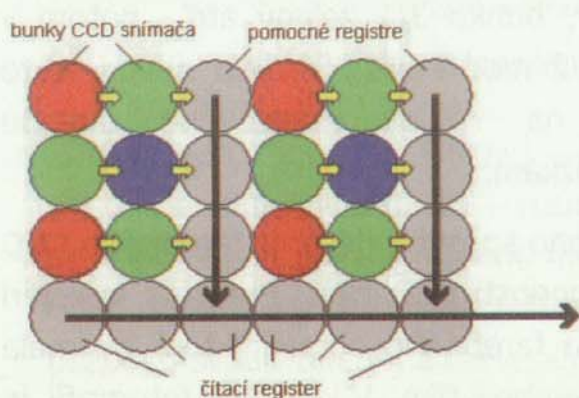
Najväčšou nevýhodou predchádzajúceho spôsobu riešenia farebného CCD snímača je zmenšenie rozlišovacej schopnosti CCD čipu. Preto sa vývojári snažia vyvinúť inú technológiu snímania farebného obrazu, ktorá by mala byť analógiou zachytávania farieb na farebný film. V klasickej fotografii je červená, zelená a modrá zložka svetla exponovaná na zodpovedajúcu chemickú vrstvu filmu. Nové senzory **Foveon** sú založené na obdobnom princípe, t. j. majú nad sebou umiestnené tri sensorové vrstvy prepúšťajúce svetlo, ktoré sú citlivé na základné farby (Obr. 5.21). Kombináciou napätí zosnímaných v jednotlivých vrstvách vznikne farebný obraz. Výhodou tohto senzoru je vyššia ostrosť (v porovnaní s inými digitálnymi senzormi),

nevýhodou je pomerne nízka citlivosť na svetlo a v súčasnosti aj vyššia cena.

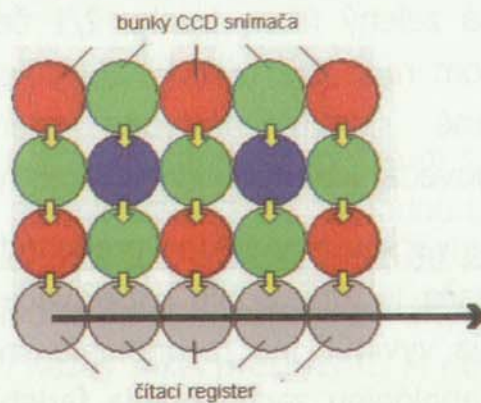


Obr. 5.21. Usporiadanie senzora typu FOVEON

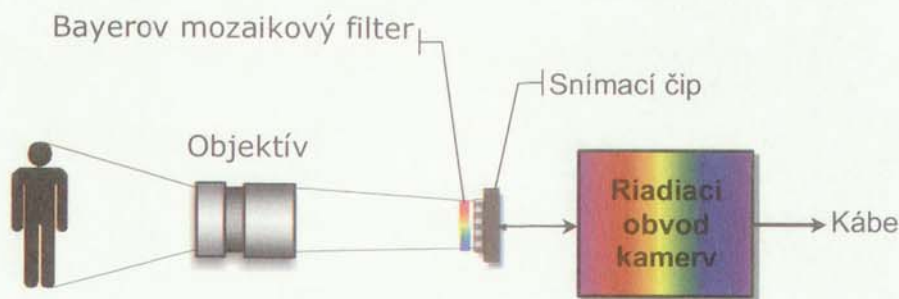
Podobne, ako v prípade čiernobielych kamier, možno aj v prípade farebných kamier použiť dva spôsoby snímania obrazu z farebného CCD čipu – prekladané alebo progresívne snímokovanie. Spracovanie signálov pri oboch je analogické spracovaniu v čiernobielej kamere



Obr. 5.22. Farebný CCD
s prekladaným skenom



Obr. 5.23. Farebný CCD
s plošným skenom



Obr. 5.24. Zjednodušená bloková schéma kamery s jedným CCD prvkom

Z predchádzajúceho vysvetlenia vyplýva, že informácia o farbe jedného obrazového bodu vzniká v 4 snímacích bunkách CCD čipu. To v konečnom dôsledku spôsobuje zníženú rozlišovaciu schopnosť farebnej kamery v horizontálnom aj vertikálnom smere. Aby v prijímači vznikol obraz plnej veľkosti je potrebné vhodným spôsobom doplniť informáciu o jase a farbe ďalších bodov. To možno realizovať buď použitím snímacieho čipu s väčším počtom snímacích buniek alebo využitím princípu tzv. **interpolácie**. Pri využití digitálneho spracovania obrazového signálu signálový procesor kamery vypočíta hodnoty jednotlivých farebných zložiek fiktívnych snímacích buniek ležiacich medzi skutočnými snímacími bunkami. Ak napríklad na dve vedľa seba ležiace štvorice buniek CCD snímača dopadá biele svetlo, je zrejmé, že keby medzi nimi ležala ďalšia bunka, aj na ňu by dopadalo biele svetlo. Preto procesor môže medzi dve informácie o farbe obrazového bodu vložiť informáciu o farbe fiktívneho neexistujúceho bodu, čím sa zväčší počet obrazových bodov, ktoré sa následne zobrazia na zobrazovacej jednotke. Interpolácia je samozrejme možná aj v prípade, kedy susedné štvorice obrazových bodov vyhodnotia rôznu farbu.

Veľkosť a rozlíšenie CCD prvkov

Existuje celý rad používaných veľkostí CCD snímačov, ktoré sa väčšinou udávajú v palcoch (1 palec = 25,4 mm). Počet použiteľných buniek CCD prvku je vždy o niečo menší ako je ich skutočný počet. Niektoré bunky v krajných radoch sú vo farebnom snímači nepoužiteľné kvôli Bayerovej interpolácii a taktiež výrobcovia nechávajú po okrajoch z konštrukčných dôvodov ochranné pásma. Veľkosť bežne používaných CCD snímačov je uvedená v nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 5.1).

Tabuľka 5.1. Príklady používaných CCD snímačov [78]

Formát	Uhlopriečka (mm)	Šírka (mm)	Výška (mm)	Pomer šírka : výška
1/3,6"	5	4	3	4:3
1/3"	6	4,8	3,6	4:3
1/2,7"	6,592	5,270	3,960	4:3
1/2"	8	6,4	4,8	4:3
1/1,8"	8,933	7,176	5,319	4:3
2/3"	11	8,8	6,6	4:3
1"	16	12,8	9,6	4:3
4/3"	22,5	18	13,5	4:3
APS-C	30,1	25,1	16,7	3:2
35 mm	43,3	36	24	3:2
645	69,7	56	41,5	4:3

V kamerových systémoch sa používajú CCD snímače viacerých štandardizovaných formátov. Formát snímača súvisí s úrovňou technológie výroby čipov jednotlivých výrobcov. Avšak konečná hodnota formátu snímača je 1/4". Toto tvrdenie je dané zákonom optiky, a to čím menší čip, tým je pre rovnakú veľkosť zorného poľa potrebné mať menšiu ohniskovú vzdialenosť objektívu. Ďalším zmenšovaním sa začnú prejavovať optické nedostatky lacnejších objektívov a dochádza tak ku geometrickému a farebnému skresleniu obrazu, z dôvodu odlišného lomu svetla jednotlivých spektrálnych zložiek. V súčasnosti sa najčastejšie používa formát 1/3", resp. 1/2". Snímače formátu 1/2" sa používajú v prípadoch, kedy je požadovaná väčšia kvalita snímku. Formát typu 1/3" sa využíva pre bežné vnútorné a vonkajšie aplikácie (napr. zhoršené svetelné podmienky).



Nákupné centrá



Hotely



Nástupištia, letiská

Obr. 5.25. Typické použitie kamier s 1/3" CCD snímačom



Obr. 5.26. Typické použitie kamier s 1/2" CCD snímačom

Rozmer uhlopriečky CCD snímača sa udáva v palcoch (napr. 1/2", 1/3" alebo 2/3"). Z toho vyplýva, že napr. snímač s uhlopriečkou 2/3" by mal mať 16,9 mm ($2/3 \cdot 25,4$), ale v skutočnosti pri rozmeroch 8,8x6,6 mm je to podľa Pytagorovej vety iba 11 mm. Vysvetlenie je v tom, že ide o historické označovanie rozmerov snímacích elektróniek v televíznych kamerách v 50. rokoch. Uvedený rozmer sa preto netýka snímača, ale skleneného obalu okolo snímača. Toto značenie sa zachovalo do súčasnosti.

5.1.3. CMOS snímače

Technológie CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) a CCD sú takmer rovnako staré a na ich vývoji sa pracuje už viac ako 30 rokov. A práve v raných počiatočných nasadeniach CCD a CMOS snímačov pre spracovanie obrazu je potrebné hľadať korene dnešného stavu. CCD snímače boli vybrané ako riešenie optimalizované na kvalitu, aj za cenu vyšších nákladov, resp. spotreby energie. CMOS snímače boli vybrané ako riešenie lacné a nenáročné. Toto rozhodnutie výrobcov určilo smer, ktorým sa vývoj jednotlivých technológií vydal v dobe skenerov a následne digitálnych fotoaparátov.

Vývoj a výrobu CCD snímačov dnes dokáže realizovať iba niekoľko spoločností na svete (Sony, Panasonic, Kodak, Fujifilm). Obrovskou výhodou CCD snímačov je dnes veľké množstvo prostriedkov, ktoré sa už investovali do skvalitnenia tejto technológie. Majú dominantné postavenie vo fotoaparátoch a kamerových systémoch. CMOS sa vyrábajú prakticky rovnakými technologickými postupmi, ako bežné procesory. Vzhľadom na tom je ich cena približne tretinou ceny CCD. Navyše, vďaka svojej vnútornej konštrukcii majú podstatne menší príkon.

Vývoj CMOS snímačov bol veľmi dlho zameraný na ich čo najnižšie výrobné náklady, jednoduchosť konštrukcie a minimálne rozmery a spotrebu energie. Otázka kvality obrazu nebola považovaná za takú dôležitú ako v technológii CCD. Toto smerovanie vývoja spôsobilo, že CMOS snímače sa dnes až na výnimky používajú v nenáročnejších aplikáciách (napr. web kamery, mobilné telefóny s fotoaparátom).

Súčasný snímače CMOS nadväzujú na obdobné zariadenia známe už tridsať rokov. Najjednoduchšími sú pasívne snímače **PPS** (*Passive-pixel sensors*), ktoré generujú elektrický náboj úmerný energii dopadajúcich lúčov. V praxi vykazujú pasívne snímače nekvalitný obraz. Z tohto dôvodu sa používajú aktívne snímače **APS** (*Active-pixel sensors*). Každá svetlocitlivá bunka je doplnená analytickým obvodom, ktorý vyhodnocuje tzv. šum a aktívne ho eliminuje. CMOS technológia navyše umožňuje integráciu špecializovaných čipov, napríklad na stabilizáciu alebo kompresiu obrazu.

Nevýhodou dnešných CMOS snímačov je ich malá citlivosť na svetlo. Je to dané tým, že obvody obmedzujúce šum sú vo vnútri buniek. Nedostatok sa rieši pridaním miniatúrnych šošoviek ku každej bunke a ďalšou miniaturizáciou kompenzačných obvodov [13].

5.1.4. DPS snímače

DPS (*Digital Pixel System*) je prelomovou technológiou, ktorá poskytuje jeden z najkvalitnejších obrazov z doteraz používaných technológií. Zdokonalené snímanie a následná digitalizácia zobrazovaných bodov, poskytuje dokonalú reprodukciu farieb pri zvýšenom dynamickom rozsahu. Vyšší dynamický rozsah zvyšuje kvalitu obrazu snímaných scén obsahujúcich príliš svetlé alebo tmavé plochy. Táto skutočnosť je výhodná pre bezpečnostné kamerové systémy, kde je potrebné snímať zle osvetlené miesta. DPS technológia využíva techniku multisnímania (Multi-sample Technology) na zvýšenie informácií, čím sa dosiahne vyššia kvalita obrazu. Každý bod je nezávisle snímaný viackrát pre jednu snímku bez straty informácie. Obrazový systém určuje optimálny čas snímania a uloží informáciu o snímanom bode ešte predtým, ako je saturovaný. Svetlý bod sa zosníma v takom čase, ktorý je najneskorší možný smplovací ešte pred saturáciou na 100%. Tmavší bod sa profiluje pomalšie a preto sa informácia

o takomto bode odčíta neskôr. Každý zobrazovací bod pracuje ako samostatná kamera a doba expozície sa nastavuje pre každý bod iná. Pri ostatných technológiách sa nastavuje jedna doba expozície na snímku a každý zobrazovací bod sa sníma v rovnakom čase. Výsledkom toho je obraz, kde niektoré body sú príliš tmavé a niektoré sú preexponované.



Obr. 5.27. Porovnanie dynamického rozsahu kamery s CCD a DPS snímačom

V budúcnosti možno očakávať narastajúci podiel takýchto kamier na trhu. Tieto kamery zároveň pokrývajú aj doteraz často používané a potrebné funkcie ako sú potlačenie protisvetla, resp. potlačenie veľmi silného svetla. Kamerové systémy s touto technológiou priniesla spoločnosť Baxall so svojou sériou kamier Hyper-D [36].

5.2. Vlastnosti televíznych kamier

5.2.1. Rozlišovacia schopnosť

Štruktúra optického snímača je tvorená množstvom do pravidelného rastra usporiadaných snímacích buniek (pixelov). Počet týchto buniek sa udáva v megapixeloch (resp. miliónoch obrazových bodov). Rozlišovacia schopnosť optického snímača závisí hlavne od jeho počtu aktívnych buniek a menej od jeho formátu. To znamená, že väčší rozmer snímača neznamena automaticky väčšiu rozlišovaciu schopnosť. Zachovanie rozlišovacej schopnosti pri zväčšovaní formátu snímača, má vplyv na kvalitu obrazu a teda na znižovanie šumu. Rozlišovacia schopnosť sa udáva v aktívnych bodoch/pixeloch (napr. 640×480) alebo v televíznych riadkoch. Pre bezpečnostné kamery platí uvedené rozdelenie:

Typ kamery	Štandardné rozlíšenie	Vysoké rozlíšenie
Čiernobiela	380 – 420 TV riadkov	560 – 600 TV riadkov
Farebná	330 – 380 TV riadkov	450 – 480 TV riadkov

Nasledujúcich niekoľko príkladov opisuje približný vzťah medzi počtom TV riadkov a aktívnymi bodmi [113]:

512×492 pixelov = 330 TV riadkov

512×582 pixelov = 330 TV riadkov

640×480 pixelov = 400 TV riadkov

768×492 pixelov = 470 TV riadkov

768×582 pixelov = 470 TV riadkov

1280×960 pixelov = 800 TV riadkov

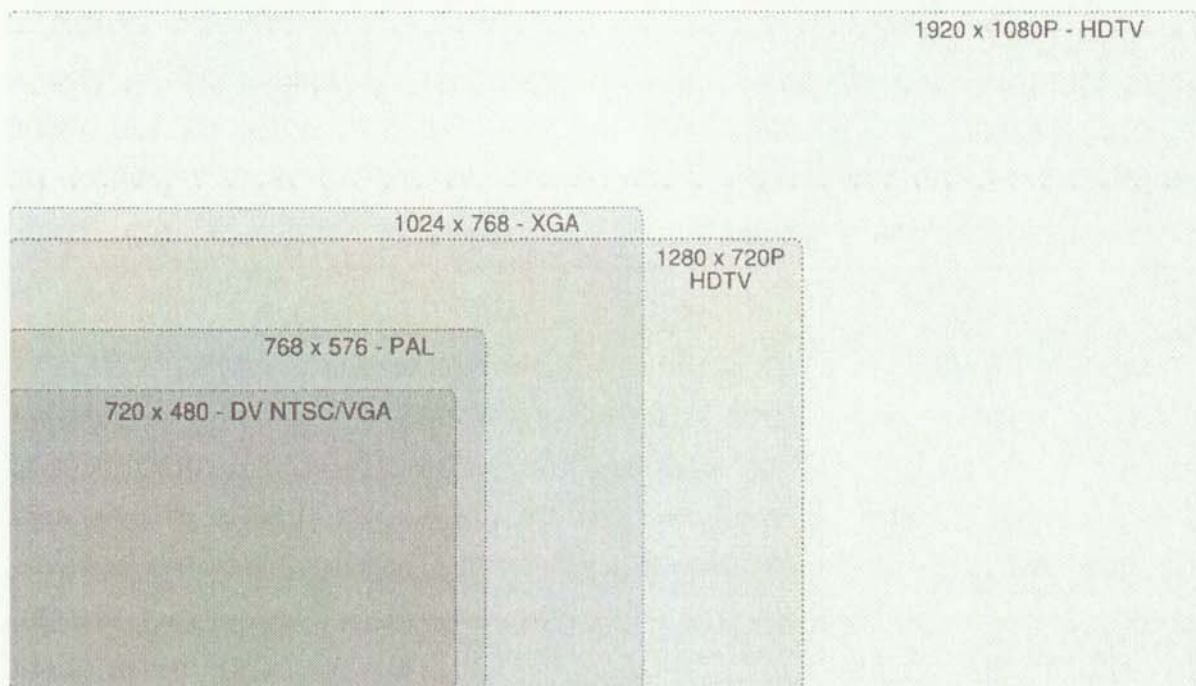
Dôvod, prečo sa v súčasnosti v kamerových systémoch nepoužívajú snímače s rozlíšením napr. 8 Mpx (čo je bežné rozlíšenie súčasných fotoaparátov) ale len napr. 300 000 px je ten, že hranica zmyslupnosti počtu aktívnych buniek snímačov je ovplyvnená medznou rozlišovacou schopnosťou štandardu CCIR. V digitálnych systémoch z dôvodov zväčšovanej šírky prenosového pásma, kvalitnejších spôsobov kompresie a zobrazovacích jednotiek z väčším rozlíšením, je v budúcnosti možné očakávať implementáciu optických snímačov s väčším rozlíšením [24].

Ďalej je dôležité si uvedomiť, že každý kamerový systém má v konečnom dôsledku takú rozlišovaciu schopnosť, akú má „najslabší“ článok systému. Napríklad, ak bezpečnostná kamera má rozlišovaciu schopnosť 600 TV riadkov a videosignál je zaznamenávaný na VHS videomagnetofón, nie je využitých plných 600 ale len 240 TV riadkov (t. j. maximálny počet riadkov, ktoré je VHS videomagnetofón schopný zaznamenať).

5.2.2. Pomer strán obrazu

Pomer strán (*Aspect ratio*) popisuje, v akom pomere je vodorovná a zvislá strana obrazu. V televízii (systém PAL) sa používa 625 televíznych riadkov. Medzi digitálnym a analógovým rozlíšením je pevne definovaný vzťah. Pre systém PAL sa používa digitálne rozlíšenie 720×576, čo

zodpovedá vzorkovaniu analógového videa frekvenciou 13,5 MHz. Pre americký systém NTSC sa používa digitálne rozlíšenie 720×480. Rozlíšenie obrazu digitálneho videa, sa nastavuje podľa požadovaného formátu, pričom je ho možné voliť ľubovoľne v krokoch po 16. V praxi sa používa 352×288 pre VideoCD, 480×576 pre SuperVCD a 720×576 pre DVD. Pri digitálnom rozlíšení sa používa aj pojem **pixel aspect ratio**. Pixel aspect ratio určuje veľkosť bodu videa v smeroch X a Y (X/Y). Napríklad 1 znamená, že v oboch smeroch je veľkosť rovnaká. V DVD sa nepoužíva pomer 1, napríklad pre DVD PAL s rozlíšením 720×576 pri pomere strán videa (aspect ratio) 16:9 je pixel aspect ratio $(576 \times 16 / 9) / 720 = 1.42$ (pri 4:3 je to 1.066).



Obr. 5.28. Maximálne možné reálne rozlíšenie strán obrazu v danom pomere

VGA (640×480; 4:3), SVGA (800×600; 4:3), XGA (1024×768; 4:3), SXGA (1280×1024; 5:4) a UXGA (1600×1200; 4:3), sú skratky označujúce jednotlivé ustálené rozlíšenia. Označenie sa používa najčastejšie v spojitosti s počítačmi, projektormi alebo LCD plochých panelmi, niekedy aj digitálnymi fotoaparátmi. Novo sa objavujú aj označenia pre širokouhlé režimy HDTV (1280×720, 1920×1080; 16:9), WXGA (1280×720; 15:9), WNTSC, resp. WPAL (1024×576) [112].

5.2.3. Dynamický rozsah

Dynamický rozsah scény alebo **kontrast scény**, resp. **totálny rozsah** je rozdiel medzi najsvetlejším a najtmavším miestom snímaného obrazu. Dynamický rozsah teda udáva počet odtieňov od čiernej po bielu, ktorý je schopný snímač ešte rozlíšiť. Dynamický rozsah je z jednej strany limitovaný kapacitou každej fyzickej bunky snímača (t. j. koľko elektrónov vzniknutých interakciou fotónov je schopná prijať) a z druhej strany hladinou vlastného šumu. Šum vzniká hlavne pri tepelnom pohybe kryštálovej mriežky polovodiča, pri ktorom sa uvoľní elektrón bez akéhokoľvek pôsobenia fotónu. Takýto elektrón v konečnom dôsledku ovplyvní svetelnú expozíciu danej bunky. Každý elektronický obvod pracujúci pri teplote vyššej, ako je teplota zodpovedajúcej absolútnej nule (-273°C) je zdrojom šumového napätia. Toto šumové napätie sa superponuje na užitočný signál a pri zobrazení videosignálu na monitore, sa javí ako zrnenie. Okrem tohto teplotného šumu sa môžu objaviť aj iné šумы, ktoré sa pripoja k užitočnému signálu (napr. ruchy pri vedení signálu po prenosovej trase).

Dynamický rozsah scény sa stanovuje v jednotkách EV a je to rozdiel EV najsvetlejšieho a EV najtmavšieho miesta. Rozdiel týchto EV je dynamický rozsah scény. Expozičné hodnoty (EV) sú pohodlnou cestou ako popísať expozíciu bez ohľadu na to, ako bola dosiahnutá. Je to absolútna veličina, ktorá objektívne popisuje množstvo svetla pôsobiaceho na optický snímač. Na zistenie EV možno použiť tabuľku (), pomocou ktorej je možné zistiť prírastok EV a to z expozičného času (napr. $1/500 = 9$ EV), ku ktorému sa pripočíta prírastok EV z clonového čísla (napr. clona F8 = 6 EV) a taktiež prírastok EV z citlivosti ISO (napr. ISO=200 je -1 EV). Celkové EV je nakoniec $9 \text{ EV} + 6 \text{ EV} - 1 \text{ EV} = 14 \text{ EV}$. Rozlíšenie oka a jeho dynamický rozsah leží ďaleko za možnosťami akéhokoľvek optického snímača. Za priemerných podmienok môže ľudské oko presne zaznamenať detaily aj vo svetelných intenzitách 15 EV v jednej scéne a absolútny dynamický rozsah - od adaptácie na úplne tmavú po adaptáciu na úplne svetlú až 30 EV. Pre porovnanie digitálne fotoaparáty sa približujú 10 EV.

Tabuľka 5.2. Údaje potrebné pre výpočet expozičných hodnôt EV [37]

Expozičný čas (sek.)	Prírastok EV		Clonové číslo	Prírastok EV		ISO	Prírastok EV
1	0		1.0	0		50	1
1/2	1		1.4	1		100	0
1/4	2		2.0	2		200	-1
1/8	3		2.8	3		400	-2
1/15	4		4.0	4		800	-3
1/30	5		5.6	5		1600	-4
1/60	6	+	8	6	+	3200	-5
1/125	7		11	7			
1/250	8		16	8			
1/500	9		22	9			
1/1000	10		32.0	10			
1/2000	11		45.0	11			



Obr. 5.29. Príklad dynamického rozsahu scény v porovnaní s rozsahom optického snímača fotoaparátu

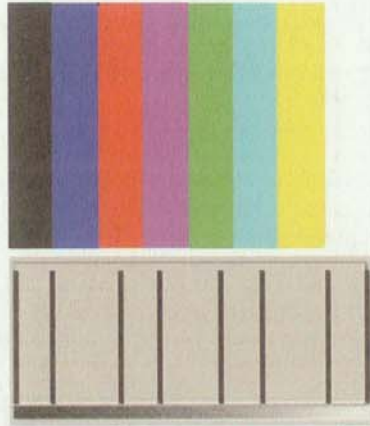
Na obrázku (Obr. 5.29) je znázornená situácia, kde dynamický rozsah scény je 11 EV a dynamický rozsah snímača iba 5 EV. Všetko čo je nad 12 EV bude na zázname iba biele (bez akejkoľvek kresby) a všetko čo je pod 8 EV bude iba čierne (bez kresby). Nastavením expozície (clona, uzávierka, citlivosť), prípadne expozičnou korekciou +/- EV, je možné dynamickým rozsahom snímača pohybovať po dynamickom rozsahu scény a tým určovať, čo vlastne je potrebné zaznamenať. Vždy ale je zaznamenaných iba 5 EV. Celý dynamický rozsah scény sa v tomto prípade zaznamenať nedá.

Neoceniteľným pomocníkom pri určovaní správnej expozície je **histogram**. Histogram zobrazuje rozloženie svetiel a tieňov a zároveň je z

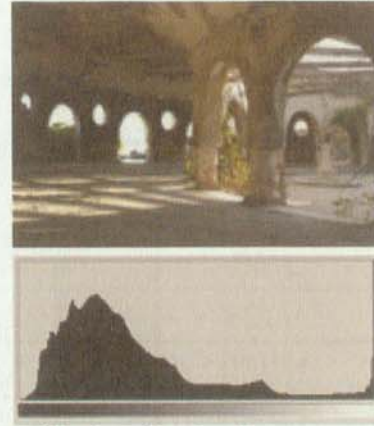
neho možné vyčítať dynamický rozsah scény. Os X histogramu vyjadruje dynamický rozsah kamery – od čiernej vľavo až po bielu vpravo. Os Y vyjadruje, koľko bodov scény je v tejto čierno-bielej škále obsiahnutých [37].



Plynulý prechod medzi čiernou a bielou vytvára plynulý histogram so skoro rovnomerným rozložením všetkých odtieňov šedej



Jednotlivé farby sa mapujú do histogramu podľa svojho jasú.



Príklad reálneho histogramu obrazu využívajúci celý rozsah jasov - od čiernej až po bielu. Fotka je ale skôr tmavšia (ťažisko grafu je vľavo). Vysoký počet bielych bodov (čiara úplne vpravo na histograme) naznačuje stratu kresby v oknách budovy.

Obr. 5.30. Príklad histogramu jednoduchých obrázkov

Pokiaľ nastane situácia, že dynamický rozsah scény presiahne dynamický rozsah kamery, existujú tieto možnosti riešenia:

- použiť filtre a tým znížiť množstvo svetla vo svetlých miestach,
- osvetliť tmavé miesta.

5.2.4. Citlivosť

Medzi základné vlastnosti optického snímača, ktoré zaujímajú užívateľa patrí okrem jeho rozlišovacej schopnosti jeho základná citlivosť. Udáva sa spravidla ako tzv. **ISO citlivosť**, čo je veličina používaná pri klasickej fotografii pre citlivosť filmového materiálu. Prepínanie citlivosti snímača funguje ako zosilňovač obrazového signálu. Vzhľadom na to, že hladina šumu je v CCD prvku konštantná, zvýšením citlivosti sa zvyšuje mimo užitočného obrazového signálu aj šum. Z tohto dôvodu sa udáva parameter definujúci **odstup signálu od šumu** (signal/noise – S/N). Ide o parameter

súvisiaci s citlivosťou a doplnkovou funkciou kamery udržiavajúcou výstupný videosignál na konštantnej úrovni. Táto funkcia zvyšuje citlivosť, ale zároveň znižuje odstup videosignálu od šumu. Odstup signálu od šumu je uvádzaný v decibeloch a štandardnými hodnotami sú údaje od 48 dB.

$$S/N = 20 * \log \frac{\text{videosignál}}{\text{signál šumu}} \quad (5.1)$$

Zo vzorca (5.1) vyplýva, že ak je odstup signálu od šumu 48 dB, pomer videosignálu k šumu je 252:1. Popis kvality obrazu pre jednotlivé pomery je uvedený v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 5.3. Opis kvality videosignálu pre jednotlivé úrovne odstupov S/N

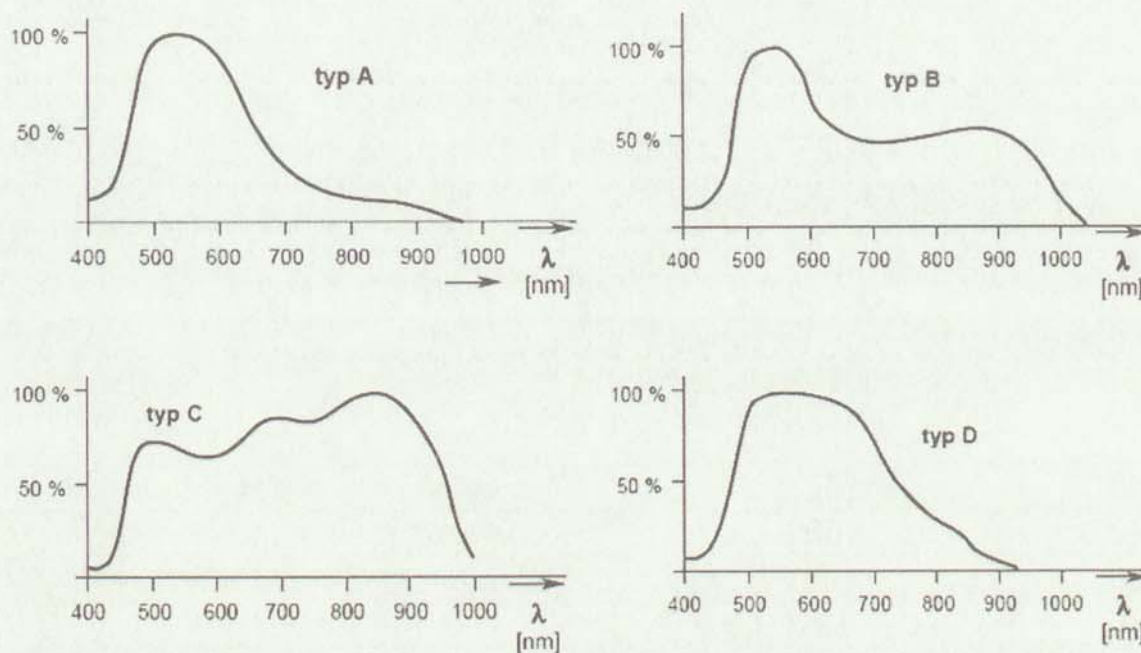
Odstup S/N (dB)	Pomer videosignálu a šumu	Popis kvality signálu
60	1000:1	Kvalita obrazu výborná, nie je poznateľný žiaden šum
48	252:1	Malý objem šumu, kvalita obrazu je dobrá
40	100:1	Jemné zrnenie, strácanie detailov
30	32:1	Zlý obraz s veľkým množstvom šumu
20	10:1	Nepoužiteľný obraz

Citlivosť udáva hodnotu osvetlenia v luxoch, ktoré je potrebné na vytvorenie zodpovedajúceho výstupného signálu. Inak povedané signálu, pri ktorom ešte kamera dokáže snímať obraz pri minimálnom možnom nastavení clony. Pretože nie je vytvorený systém normovania minimálnej hodnoty osvetlenia, je porovnávanie údajov jednotlivých výrobcov značne obmedzené, lebo niektorí z nich neuvádzajú podmienky merania. Najrozšírenejšie sú tieto metódy pri určovaní minimálneho osvetlenia:

- minimálne osvetlenie pri 100 % špičke na videovýstupe (t. j. signál kedy na výstupe je plocha obrazu maximálne biela),
- minimálne osvetlenie pri 50 % špičke na videovýstupe.

Pri nasadení vo vonkajšom prostredí sú požiadavky na citlivosť podstatným kritériom voľby typu kamery a pripojeného objektívu predovšetkým v prípadoch použitia pri nízkej úrovni osvetlenia snímanej scény.

Špecifickým problémom je nasadenie kamier pre nočné snímanie spolu s IR reflektormi. V bežných technických popisoch nie je údaj o citlivosti v IR spektre uvádzaný. V takomto prípade je potrebné voliť vhodný typ technologického vyhotovenia snímačov, ktoré sa odlišujú charakteristikou spektrálnej citlivosti.



Obr. 5.31. Grafy spektrálnych citlivostí optických snímačov rôzneho typu

Množstvo svetla, ako už bolo uvedené, sa meria v luxoch. Množstvo svetla, ktoré sa odráža od snímaného predmetu určuje, ako výrazné sa tieto predmety javia. Scéna snímaná za slnečného dňa napr. pri jazere alebo na snehu, bude mať vysokú intenzitu odrážaného svetla. Zatiaľ čo scéna snímaná v noci v miestach bez verejného osvetlenia, bude mať veľmi nízku intenzitu odrážaného svetla. Pri úvahách o umiestnení kamier je nutné s touto skutočnosťou počítať a je potrebné voliť také stanovišťa, kde nebude v zornom poli kamery príliš veľké protisvetlo a zároveň bola zachovaná dostatočná intenzita osvetlenia danej scény vzhľadom na danú svetelnosť kamery. V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 5.4) sú uvedené typické intenzity osvetlenia za prirodzených podmienok.

Tabuľka 5.4. Intenzity osvetlenia snímaných scén [7]

Intenzita osvetlenia (lux)	Krátky popis scény
100 000	Silné slnečné svetlo
50 000	Slnečno
5 000	Zamračené, veľká oblačnosť
500	Dobre osvetlený obchod alebo kancelária
300	Minimálne svetlo pre jednoduché čítanie
100	Zle osvetlená miestnosť
60	Schody/priechody za denného svetla
15	Noc – dobre osvetlená ulica
10	Noc – normálne osvetlená ulica
10	Západ slnka
5	Noc - normálne osvetlená vedľajšia ulica
2	Minimálne bezpečnostné osvetlenie
1	Súmrak
0,3	Jasný úplnok mesiaca
0,1	Mesačné svetlo pri zatiahnutej oblohe
0,001	Priemerné svetlo hviezd
0,0001	Slabé svetlo hviezd

Od typu osvetlenia závisí aj výber kamery. S tým je spojený aj problém výberu čiernobielej alebo farebnej kamery. Čiernobiele kamery majú lepšiu citlivosť aj pri zhoršených podmienkach osvetlenia. Avšak použitie čiernobielej kamery spôsobí stratu informácie o farbe snímaného obrazu, ktorá môže byť významným faktorom pri neskoršej analýze daného záznamu (napr. farba oblečenia alebo vlasov páchatel'a, resp. auta). Farebné kamery sú pri svojej citlivosti omnoho viac citlivé na intenzitu osvetlenia a druh osvetlenia. Aj napriek tomu, že vývoj farebných kamier napreduje neustále dopredu, je stále potrebné počítať s ich obmedzenou schopnosťou verne zobrazit' konkrétnu farbu. Obzvlášť za umelého osvetlenia, ktorého spektrálne zloženie je vzdialené dennému svetlu.

Citlivosť je vždy viazaná na svetelnosť použitého objektívu a preto v ponukách dodávateľov by mala byť citlivosť uvádzaná v spojitosti so svetelnosťou objektívu, ku ktorej je vzťahovaná. Ďalej je potrebné poznamenať, že intenzitou osvetlenia nie je chápaná intenzita osvetlenia

snímanej scény, ale intenzita osvetlenia odrážaná od snímaného objektu, meraná na objektíve kamery [21], [25].

5.2.5. Synchronizácia

Spôsob synchronizácie kamery je dôležitý parameter, ktorý určuje spôsob zapojení viacerých kamier použitých v spoločnom televíznom okruhu. Pri použití viac kamier je nutné zaistiť ich synchronizáciu. Synchronizáciu medzi kamerou a zobrazovacou jednotkou (monitorom) zabezpečujú synchronizačné impulzy obsiahnuté v televíznom signáli. Ak však chceme prepínať viac kamier na jeden monitor, je potrebné kamery synchronizovať. V opačnom prípade sa na monitore prejavia rušiacie preskoky obrazu. Synchronizácia kamier môže byť [25]:

- **Interná synchronizácia** – kamera obsahuje stabilný oscilátor, z ktorého sa odvodzujú všetky časové signály v toleranciách daných príslušnou normou. Vzhľadom na prípustné tolerancie jednotlivých oscilátorov, nemožno zaistiť synchronizáciu s ostatnými kamerami. Ak sú takéto kamery pripojené k analógovému zariadeniu, dochádza pri prepnutí z jednej kamery na ďalšiu k vyrovnaní fázy nesynchronných signálov, čo sa na obrazovke prejaví ako „poskočenie“ obrazu obvykle o jednu polsnímku. Tento jav je zvýraznený v prípade záznamu na videorekordér, kde sa v zázname vyskytujú výpadky obrazu vždy na malý časový okamih po prepnutí kamier. Kamery s internou synchronizáciou možno používať len v autonómnych systémoch kamera – monitor, prípadne kamera – videorekordér – monitor, prípadne v multiplexných systémoch založených na digitalizácii obrazu a spätnom prevode do analógovej podoby. Interná synchronizácia sa používa v lacných typoch kamier.
- **Externá synchronizácia** – podstata externého spôsobu synchronizácie spočíva v existencii jediného referenčného zdroja synchronizačného signálu a v rozvedení tohto signálu ku všetkým kamerám zapojených do systému. V oblasti bezpečnostných kamier sa tento spôsob používa len zriedkavo, vzhľadom na nároky na zdvojenú kabeláž, potrebu ďalších doplňujúcich zariadení a problémoch pri fázovaní synchronizácie všetkých kamier a pri oživovaní v dôsledku rôznych dĺžok káblov ku kamerám.

- **Synchronizácia od napájacej siete** (tzv. *linelock*) – synchronizačný signál je odvodený od striedavého napájacieho napätia siete 230 V/50 Hz (prípadne nízkonapäťového striedavého napájania 24 V/50 Hz). Pre dorovnanie rozdielov medzi jednotlivými fázami pri zapojení kamier na rôzne fázy slúži ovládací prvok na kamere, ktorým možno nastaviť minimálny fázový rozdiel a tým aj minimálny rušivý efekt v obraze pri prepnutí z jednej kamery na druhú.

5.2.6. Riadiace vstupy kamier

Umožňujú diaľkové riadenie parametrov kamier cez počítačové rozhranie RS 232, RS 422 a RS 485. RS232 je najstarší štandard, ktorý definuje fyzické prepojenie a pomerne pomalý prenos cez sériové komunikačné rozhranie medzi počítačom a kamerou, resp. iným zariadením. RS 422 je novší štandard, ktorý mal nahradiť RS 232. Tento štandard okrem väčšej prenosovej rýchlosti, poskytuje aj väčšiu imunitu pred elektrickým rušením. RS 485 je štandard nahradzujúci RS 422. Tento štandard umožňuje ovládať pomocou počítača až 32 pripojených jednotiek.

Riadiace vstupy kamier sa najčastejšie používajú na ovládanie vlastností objektívov pripojených ku kamerám (najmä zmenu ohniskovej vzdialenosti a manuálne zaostrovanie) alebo polohovacích hlavíc umožňujúcich natočenie kamery do požadovanej pozície.

5.2.7. Napájanie kamier

Napájanie kamier je dané požiadavkami na montáž. Môže ísť o napájanie jednosmerné 12 V, alebo striedavé 12 až 24 V, resp. napájanie z rozvodnej siete elektrickej energie 220 – 240 V (50 Hz). Niektoré kamery ktoré nie sú náročné na napájací zdroj, sú napájané po signálnom vedení (napr. WEB kamery) [25].

5.3. Objektívy bezpečnostných kamier



Obr. 5.32 Objektív

Ich úlohou je premietnuť zmenšený obraz snímanej scény na plochu optického snímača kamery. Medzi hlavné parametre, ktoré je pri výbere objektívu zohľadniť sú:

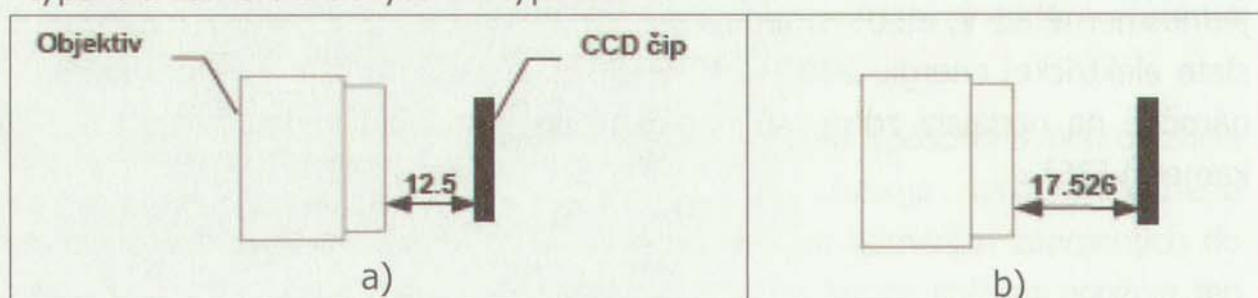
- uchytenie objektívu,
 - ohnisková vzdialenosť,
 - svetelnosť,
 - clona,
 - možnosť nastavenia clony a ohniskovej vzdialenosti,
 - hĺbka ostrosti,
- aplikácia objektívu na kamery s vzhľadom na formát.

5.3.1. Uchytenie objektívov

Objektívy z pohľadu uchytenia sa delia na:

- uchytenie typu **C**,
- uchytenie typu **CS**.

Oba typy uchytenia používajú na pripevnenie rovnaký závit, odlišujú sa však predpísanou vzdialenosťou roviny zadnej šošovky objektívu od optického snímača kamery. C objektívy je možné použiť ako s kamerami C, tak aj s kamerami CS (za predpokladu použitia C/CS adaptéra). Adaptér je 5 mm redukčný krúžok, ktorý sa naskrutkuje na závit objektívu s uchytením typu C a kameru s uchytením typu CS.

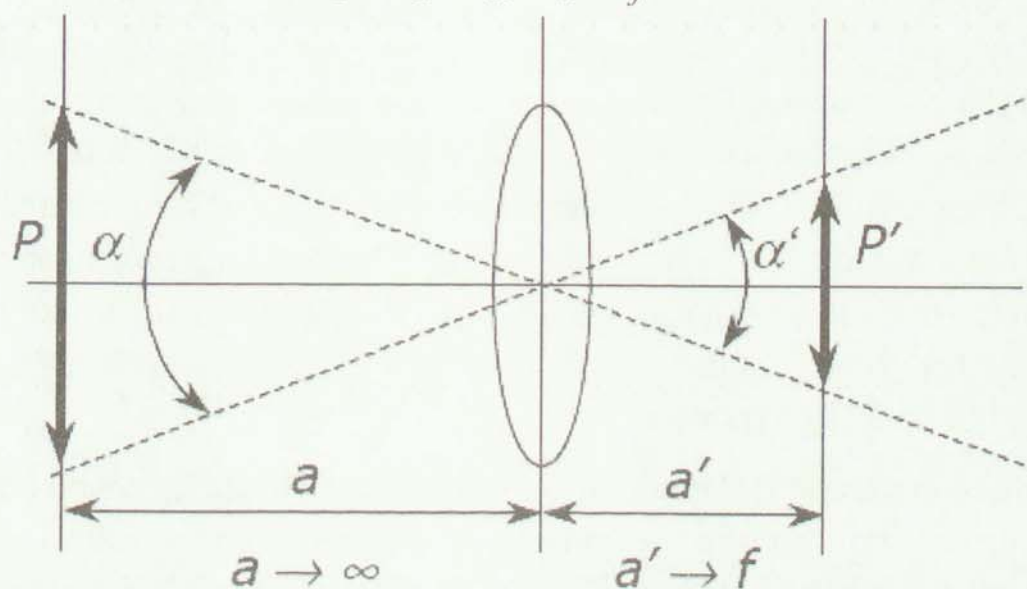


Obr. 5.33. Objektívy s uchytením typu a) „CS“ b) „C“

5.3.2. Ohnisková vzdialenosť

Ohnisková vzdialenosť f (focus) je pomyselná vzdialenosť za objektívom meraná od optického stredu objektívu k rovine snímania (rovina CCD alebo CMOS snímača), v ktorej sú objekty ležiace v nekonečnej vzdialenosti od objektívu zobrazené ostro. Všeobecne platí pravidlo, že čím je kratšia ohnisková vzdialenosť, tým je väčší uhol záberu objektívu. Vzťah medzi veľkosťou snímaného predmetu P vo vzdialenosti a od objektívu a veľkosťou obrazu snímaného predmetu P' na citlivej ploche snímacieho prvku vo vzdialenosti a' , zorným uhlom α a ohniskovou vzdialenosťou f možno vyjadriť rovnicami (5.2) [21], [25].

$$\frac{P'}{P} = \frac{a'}{a}; \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}; \quad (5.2)$$



Obr. 5.34. Zobrazenie optickým systémom

Ohniskovú vzdialenosť niektorých objektívov je možné plynule meniť. Zariadeniu na zmenu ohniskovej vzdialenosti sa hovorí **transfokátor**, objektívy s premennou ohniskovou vzdialenosťou sa označujú pojmom **zoom**. Klasifikácia objektívov podľa zmeny ohniskovej vzdialenosti môže byť:

- pevné ohnisko (*Fixed Focal Length*) – pevne nastavená ohnisková vzdialenosť,
- premenné ohnisko (*Variofocal Length*) – ručne nastaviteľná ohnisková vzdialenosť (otáčaním časti objektívu),

- elektronicky riadená zmena ohniska (*Motor Zoom*) – motoricky nastaviteľná ohnisková vzdialenosť ovládaná najčastejšie z miesta pozorovania.

Optický zoom je schopnosť objektívu pomocou motorového pohonu meniť plynule svoju ohniskovú vzdialenosť, bez straty rozlíšenia. Číselná hodnota uvádzaná v súvislosti so zmenou ohniskovej vzdialenosti udáva pomer maximálnej a minimálnej ohniskovej vzdialenosti. V bežne používaných objektívoch v kamerových systémoch býva optický zoom do hodnoty 20x. V digitálnych zoomoch ide o hodnoty rádovo 100x, avšak na úkor rozlíšenia. Digitálny zoom totiž pracuje iba na princípe zväčšenia výrezu.

V prípade analógového záznamu, kde je veľkosť snímaného objektu daná veľkosťou políčka filmu (36 × 24 mm). Pre tento 35 mm film je udávané tzv. "základné ohnisko" objektívu (50 mm), ktorý zobrazuje obraz 1:1, so zorným uhlom 46 stupňov. Naproti tomu pri použití formátu 60 × 60 mm sa bude tento objektív javiť ako širokouhlý a pri použití formátu 60 × 90 mm sa bude javiť ako veľmi širokouhlý. V prípade optických snímačov vzhľadom na ich rôzne veľkosti (1/1.8", 1/2,5", 1/3.8" a pod.) by bol pomer a zorný ohol objektívov ešte menej prehľadnejší, preto sa pristúpilo k tzv. ekvivalentu na 35 mm formát.

Ohniskovú vzdialenosť objektívu je možné zmeniť o určitú pevnú hodnotu pomocou tzv. **afokálneho nadstavca**, upevneného pred objektívom. Tieto nadstavce menia dráhu svetelných lúčov dopadajúcich na objektív tak, že sa celok potom chová ako s ohniskovou vzdialenosťou zväčšenou, resp. zmenšenou o určitý rozmer. Nadstavce je možné použiť pre objektívy s rôznou ohniskovou vzdialenosťou vrátane zoomu. Nie je možné ich použiť v špeciálnych širokouhlých objektívoch. Použitie nadstavca sa bežne neodporúča, nakoľko vedie k zhoršeniu vlastností objektívu. Je treba počítať s horšením ostroti snímanej scény a so znížením svetelnosti.

Ohnisková vzdialenosť a parametre zaostrovacej roviny (napr. CCD 1/2" alebo 35 mm film) rozhodujú o veľkosti snímaného uhla.

$$\alpha = 2 \cdot \arctg \frac{P}{2 \cdot f} \quad (5.3)$$

kde:

α – veľkosť kamerou snímaného uhla [°]

P – šírka zaostrovacej roviny (napr. 6,4 mm pri CCD snímači 1/2") [mm]

f – ohnisková vzdialenosť [mm]

V prípade potreby výpočtu ohniskovej vzdialenosti, je možné použiť vzťahy (5.4).

$$f = \frac{a}{P \cdot 1,05} \cdot P' ; f = \frac{P}{2 \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (5.4)$$

kde:

f – ohnisková vzdialenosť [mm]

a – vzdialenosť snímaného objektu [m]

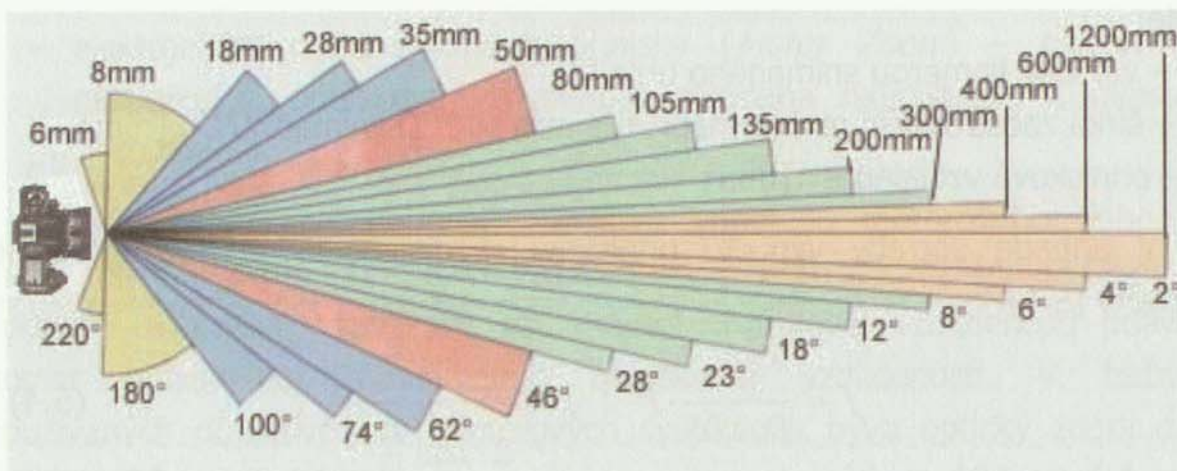
P – šírka snímaného objektu [m]

P' – šírka zaostrovacej roviny [mm]

α – veľkosť kamerou snímaného uhla [°]

V praxi sa pri výpočte ohniskovej vzdialenosti objektívov pre kamerové systémy najčastejšie používa:

- počítačový program, ktorý po zadaní vstupných hodnôt používateľom vypočíta potrebnú ohniskovú vzdialenosť,
- expertný odhad – ide o manuálnu voľbu ohniskovej vzdialenosti, kde technik ručne nastavuje rôznu ohniskovú vzdialenosť a paralelne kontroluje snímaný obraz na monitore, resp. technik má k dispozícii niekoľko prednastavených objektívov,
- tzv. "kukátko", ktoré umožní pohľad cez objektív s ručne nastaviteľnou ohniskovou vzdialenosťou a následne umožní odčítať hodnotu tejto vzdialenosti.



Obr. 5.35. Ohnisková vzdialenosť a uhol záberu pre 35 mm film

Objektívy sa podľa ohniskovej vzdialenosti rozlišujú na širokouhlé (s malou ohniskovou vzdialenosťou), „normálne“ (ich uhol záberu zhruba zodpovedá ľudskému oku, takéto snímky potom majú najprirodzenejšiu perspektívu) a teleobjektívy (sú schopné „priblížiť“ aj veľmi vzdialené predmety). Najširší uhol záberu majú objektívy zvané rybie oči (na Obr. 5.35 vyznačené žltou). V nich vzhľadom na extrémny uhol záberu dochádza k výraznému skresleniu zvislých a vodorovných línií. Do kategórie širokouhlých patria objektívy s ohniskovou vzdialenosťou 18 - 35 mm (označené modrou). Tu sa prejavuje menšie skreslenie na krajoch obrazu. Základné objektívy zodpovedajúce ľudskému oku vykazujú najmenšie skreslenie (45 – 50 mm). Ohniskové vzdialenosti tzv. krátkych teleobjektívov sa pohybujú v rozsahu 80 – 300 mm (označené zelenou). Dlhé teleobjektívy sa vyrábajú v ohniskových vzdialenostiach 400 – 1200 mm (označené oranžovou) [29], [39].



Obr. 5.36. Objektívy a rôzne ohniskové vzdialenosti

5.3.3. Svetelnosť

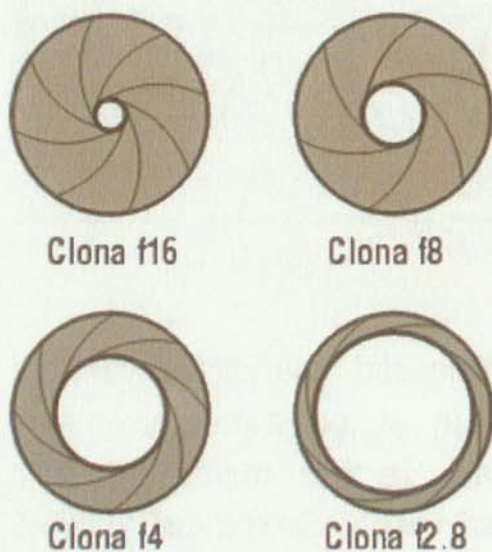
Každý objektív je okrem ohniskovej vzdialenosti charakterizovaný aj svojou svetelnosťou. Svetelnosť objektívu je v podstate maximálna schopnosť prijímať svetlo, pričom však platí, že čím menšie je číslo označujúce svetelnosť, tým je táto schopnosť vyššia. Svetelnosť je daná najmenším clonovým číslom objektívu. Pri zaznamenávaní obrazu to znamená, že čím väčšia svetelnosť (menšie clonové číslo F), tým je možné pri danej scéne skrátiť čas uzávierky, a tak znížiť možnosť rozmazania snímky. V technickej dokumentácii objektívov sa uvádza údaj o maximálnom otvorení clony (najmenšie clonové číslo F).



Obr. 5.37. Príklad snímaného obrazu objektívom s odlišným clonovým číslom

Snímky na obrázku (Obr. 5.37) zachytávajú obrázky z kamier z menej osvetlených priestorov. Objektív s clonovým číslom $F 1,2$ má obraz poznateľne svetlejší ako objektív s clonovým číslom $F 1,4$ a teda je vhodnejší do menej osvetlených priestorov [112].

5.3.4. Clona objektívu



Obr. 5.38. Clony s rôznym clonovým číslom

Clona (*iris*) objektívu je mechanické zariadenie, ktoré svojím uzatváraním reguluje množstvo svetla prechádzajúce objektívom, a to od maximálnej priepustnosti (otvor plnej veľkosti), a teda najmenšieho clonového čísla, až po maximálne uzavretie clony (otvor minimálnej veľkosti). Veľkosť nastavenej clony (otvoru v objektíve) má priamy vplyv na rozlišovaciu schopnosť, t. j. kvalitu, s akou je objektív schopný vykresliť snímaný obraz. Postupným privieraním clony sa rozlišovacia schopnosť objektívu najprv

zlepšuje, pretože obraz je vykresľovaný iba strednou časťou šošoviek. Avšak pri veľmi malom clonovom otvore, sa rozlišovacia schopnosť opäť zhoršuje. Podiel ohniskovej vzdialenosti a priemeru vstupného otvoru je **clonové číslo (F)**.

Clonové čísla sa radia do geometrického radu (1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32). Každé vyššie clonové číslo spôsobí, že na optický snímač dopadá polovičné množstvo svetla. Clonové číslo uvádzané výrobcom definuje aj svetelnosť objektívu (t. j. množstvo svetla, ktoré sa stratí pri prechode sústavou šošoviek; z toho vyplýva, že čím menšie clonové číslo má objektív, tým menšie budú jeho optické straty, teda tým o kvalitnejší objektív ide a to sa prejaví kratšími expozičnými časmi). Ak má byť zaručený široký rozsah snímania od úrovne priameho slnečného svitu do úrovne limitovanej vlastnou citlivosťou kamery, treba použiť objektív s automatickým riadením clony, alebo kameru s dostatočným regulačným rozsahom elektronickej uzávierky.

Podľa spôsobu ovládania clony možno použiť nasledujúce objektívy:

- **objektívy s pevnou clonou** – používajú sa pre kamery vybavené režimom elektronickej uzávierky (*Automatic Electronic Shutter – AES*) alebo obvodom automatického riadenia zisku (*Automatic Gain Control –*

AGC), čo je elektronický obvod udržiavajúci výstupný videosignál na konštantnej úrovni,

- **objektívy s manuálnym nastavením clony,**
- **objektívy s automatickou clonou** (*Auto Iris* – AI) – sú dva typy objektívov s automatickou clonou:
 - štandardný, **ovládaný videosignálom** (*VIDEO AI*) – elektronika aj mechanická časť servomechanizmu sú umiestnené v telese objektívu,
 - pasívny, **ovládaný jednosmerným signálom** (*DC AI*) - tzv. **galvanometrický princíp clony** – v telese objektívu je umiestnená iba mechanická časť servomechanizmu, na riadenie sa využíva elektronika umiestnená v puzdre kamery. Prvotný ešte nespracovaný signál z optického snímača je potrebné upraviť (napr. ostrosť farieb, zaostrenie hrán, riadenie expozície a clony atď.). Všetky tieto činnosti sú vykonávané pomocou elektronického obvodu v kamere a celý proces je označovaný ako **DSP** (*Digital Signal Processing*).

Objektívy s automatickou clonou sa odporúčajú používať na vonkajšie použitie. Clona automaticky prispôbuje množstvo svetla dopadajúce na optický snímač, čím sa zlepšuje kvalita snímaného obrazu. Pôsobí napríklad ako ochrana proti pôsobeniu silného priameho slnka [112], [21], [25].

5.3.5. Hĺbka ostrosti

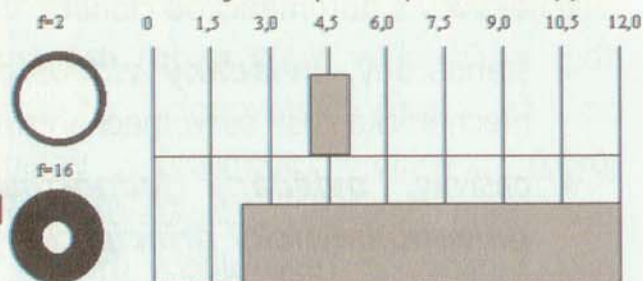
Hĺbka ostrosti (*Deep of field* – DOF) je subjektívne definovaný rozsah, v ktorom sú predmety zobrazené s ešte prijateľnou stratou rozlíšenia detailov – sú ostré. Napríklad, ak by sa snímali rad automobilov z uhla 45° a zaostriť by sa na prostredné auto, neboli by všetky ostatné autá v rade rovnako ostré. Nie je možné s akýmkoľvek fotoaparátom vytvoriť akúkoľvek hĺbku ostrosti. **Hiperfokálna vzdialenosť** objektívu je taká vzdialenosť objektívu nastavená na zaostrovacej skruži, pri ktorej (za predpokladu plne otvorenej clony) práve začínajú byť ostro zobrazené objekty až do nekonečna. Objektív pri tomto nastavení zobrazuje všetko ostré spravidla od vzdialenosti 2 až 3 metrov.

Neexistuje presná hranica medzi ostrým a neostrým objektom na fotografii. Medzi parametre, ktoré ovplyvňujú hĺbku ostrosti patria:

- clona objektívu,
- vzdialenosť fotografovaného objektu,
- ohnisková vzdialenosť,
- veľkosť plochy optického snímača (tento parameter ovplyvniť nie je možné, pokiaľ túto skutočnosť nezohľadňujeme pri kúpe kamery).



Obr. 5.39. Grafické znázornenie princípu hĺbky ostrosti



Obr. 5.40. Vplyv clonového čísla na hĺbku ostrosti

V prípade hĺbky ostrosti platia niektoré zákonitosti:

- Zvýšením clonového čísla (t. j. zmenšením priemeru clony) sa získa väčšia hĺbka ostrosti, avšak za cenu úbytku svetla, ktoré na snímač dopadá. Preto je potrebné predĺžiť čas uzávierky, zvýšiť citlivosť snímača alebo zvýšiť intenzitu osvetlenia.
- Znížením clonového čísla hĺbku ostrosti znižujeme.
- Čím je objekt bližšie, tým hĺbka ostrosti klesá a naopak.
- Zväčšením ohniskovej vzdialenosti (zoomovaním) sa objekt približuje, a teda klesá aj hĺbka ostrosti.

Ako pomôcku správneho nastavenia kamery možno použiť programy, ktoré pri zadaní ohniskovej vzdialenosti, vzdialenosti snímaného objektu, clony a tolerance ostrosti (blízky limit ostrosti – vzdialený limit ostrosti), umožňujú vypočítať hĺbku ostrosti od - do. Zároveň umožňujú zadať hĺbku ostrosti a nájsť vhodné nastavenie ostatných parametrov.

Hĺbka ostrosti pre bezpečnostné aplikácie sa uvádza od minimálnej vzdialenosti uvedenej v špecifikácii do nekonečna. Pre veľmi lacné objektívy klesá hĺbka ostrosti vo vzdialenosti od optickej osi. Na obrazovke sa to prakticky prejaví vytvorením kruhovej plochy s prijateľnou ostrosťou obrazu a neostrými okrajmi obrazu. Problémy s ostrosťou obrazu sa môžu objaviť aj pri zmene spektrálneho zloženia osvetlenia scény. Bežné objektívy nastavené pri dennom osvetlení môžu pri umelom osvetlení spôsobiť rozostrenie

obrazu. Tento jav sa najvýraznejšie prejavuje pri nočnom snímaní scény osvetlenej IR reflektorom. Stav možno eliminovať alebo použitím diaľkovo ovládaných objektívov, alebo použitím špeciálnych objektívov označených IR. Tieto objektívy majú na povrchu šošoviek naparený špeciálny optický filter, ktorý neprepúšťa IR žiarenie s vlnovou dĺžkou nad 1000 nm. Toto žiarenie nad 1000 nm je vďaka odlišnému indexu lomu v optickej sústave hlavnou príčinou rozostrenia obrazu snímaného pri IR osvetlení [15], [112].

5.3.6. Výber vhodného objektívu

Pri výbere objektívu je potrebné zvážiť všetky doposiaľ spomenuté parametre objektívu. Prvým rozhodujúcim faktorom je vzdialenosť, resp. veľkosť snímaného objektu a stacionarita snímaného objektu, z čoho vyplýva veľkosť snímaného uhľa, a teda aj správna voľba ohniskovej vzdialenosti, resp. jeho rozsahu. Ďalším ovplyvňujúcim faktorom je svetelnosť objektívu, ktorá ovplyvňuje celkovú kvalitu obrazu a to hlavne pri znížených svetelných podmienkach. Rovnako dôležitým poznatkom pri výbere objektívu je aj fakt, či kamera bude inštalovaná do prostredia s premenlivými svetelnými podmienkami. Táto skutočnosť by mala ovplyvniť výber spôsobu ovládania clony. V praxi pre jednotlivé objektívy, ktoré v sebe zahŕňajú kombinácie spomínaných parametrov, sú zaužívané určité názvy [78]:

Tabuľka 5.5. Tabuľka vybavenia objektívov [78]

Ohnisková vzdialenosť	Clona	Používaný názov
pevná	žiadna	fixfocus bez clony
pevná	ručne nastaviteľná	fixfocus
ručne nastaviteľná	ručne nastaviteľná	variofocus
pevná	premenná (motoricky)	autoiris (AI)
ručne nastaviteľná	premenná (motoricky)	variofocus - autoiris (AI)
pevná	premenná (galvanometricky)	autoiris (DC)
ručne nastaviteľná	premenná (motoricky)	variofocus - autoiris (AI)
premenná (motoricky)	premenná (motoricky)	motorzoom
premenná (motoricky)	premenná (galvanometricky)	DC motorzoom

5.4. Doplnkové funkcie kamery

➤ Funkcia elektronickej uzávierky

Funkcia elektronickej uzávierky (*Electronic Shutter Control – ESC*) umožňuje plynulo alebo skokovo regulovať množstvo akumulovaného náboja na optickom snímači, v závislosti od intenzity osvetlenia. Tým umožňuje v určitom obmedzenom rozsahu zmien svetelných podmienok použiť lacnejší objektív s clonou nastaviteľnou ručne alebo bez clony. Ak táto funkcia nie je vypínateľná, nemožno použiť objektív riadený videosignálom. Regulačný rozsah sa obvykle pohybuje v rozmedzí 1/50 s až 1/100 000 s (v moderných digitálnych kamerách až do 1/1 000 000 s). Výhodou funkcie elektronickej uzávierky je [25]:

- automatika neobsahuje žiadne pohyblivé časti,
- hĺbka ostrosti je rovnaká, pretože sa nemení pevne nastavená clona,
- redukujú sa náklady na údržbu a servis,
- automatika je necitlivá na mechanické vplyvy prostredia (vibrácie, kolísanie teploty).



Obr. 5.41. Obrázok kamery s uzávierkou 1/50 s a 1/500 s

Automatická funkcia elektronickej uzávierky AES môže výrazne zlacniť a zjednodušiť kamerový systém, pretože nie je potrebné používať objektívy s riadenou clonou. Nevýhodou tejto funkcie je to, že so skracujúcim sa časom uzávierky sa zvyšuje ostrosť obrazu, ale znižuje sa citlivosť kamery.

➤ Funkcia obrazovej pamäte

V kamere je zabudovaná procesorom riadená obrazová pamäť, ktorá umožňuje kamere aj pri slabých svetelných podmienkach dodávať kvalitný