

# **Hodnotenie kvality video systémov vo vzťahu k bezpečnostným aplikáciám**

Assessments qualities a video systems on the subject of security  
applications

Bc. Anna Kubicová

---

Diplomová práce  
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---



**ABSTRAKT**

Diplomová práca sa zaoberá vypracovaním metodickej príručky, ako postupovať pri výbere televíznych kamier s prihliadnutím na potreby v priemysle komerčnej bezpečnosti.

V teoretickej časti je prehľad základov náuky o svetle, zobrazovacích techník v oblasti svetelného žiarenia a televízneho prenosu.

Praktická časť poskytuje prehľad funkcií a parametrov kamier systémov priemyselnej televízie a zameriava sa na hodnotenie realizovaných meraní vybraných parametrov televíznych kamier. Ďalej ponúka možnosti realizácie školského laboratória pre testovanie zobrazovacích techník študentmi Univerzity Tomáše Bati.

**ABSTRACT**

The diploma thesis deals with the preparation of a methodical manual for selection of TV cameras with regard to the needs of commercial security business.

The theoretical part includes an overview of basis of light science, imaging techniques in the sphere of luminous radiation and television transmission.

The practical part presents a survey of functions and parameters of cameras in the systems of closed-circuit television and it is focused on assessment of performed measurement of selected parameters of TV cameras. It also offers possibilities for establishment of a school laboratory for testing of imaging techniques by the students of Tomas Bata University

Rada by som touto cestou poďakovala vedúcemu diplomovej práce Doc. RNDr. Vojtěchovi Křesálkovi, CSc. za odborné vedenie a pripomienky, ktoré mi pri vypracovaní diplomovej práce poskytol.

Ďalej ďakujem Ing. Jánovi Machylovi z VTÚVM Slavičín, za poskytnutie špeciálneho laboratória pre vykonanie základných meraní zobrazovacích techník a taktiež za poskytnutie podkladov a informácii potrebných pre vypracovanie tejto diplomovej práce.

Prehlasujem, že som na diplomovej práci pracovala samostatne a použitú literatúru som citovala. V prípade publikácie výsledkov, ak je to uvoľnené na základe licenčnej zmluvy, budem uvedená ako spoluautor.

Ve Zlíně 30.5.2007

.....  
Podpis diplomanta

## OBSAH

OBSAH .....	5
ÚVOD.....	8
<b>I. 10</b>	
<b>TEORETICKÁ ČASŤ.....</b>	<b>10</b>
<b>1 ZÁKLADY NÁUKY O SVETLE.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 ZÁKLADNÉ POZNATKY O FAREBNOM VIDENÍ.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 BIELE SLNEČNÉ SVETLO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 PRIAME SVETLO A FAREBNÉ FILTRE.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 NEPRIAME SVETLO – FARBA PREDMETOV .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5 DÔLEŽITÉ VELIČINY A JEDNOTKY SVETLA .....</b>	<b>16</b>
<b>1.6 ĽUDSKÉ OKO, JEHO VLASTNOSTI A TELEVÍZNA KAMERA.....</b>	<b>19</b>
<b>1.7 VLASTNOSTI ĽUDSKÉHO OKA VYUŽÍVANÉ V TELEVÍZNOM PRENOSE .....</b>	<b>23</b>
1.7.1 JASOVÉ PRISPÔSOBENIE .....	23
1.7.2 FAREBNÉ PRISPÔSOBENIE .....	24
1.7.3 OSTROSŤ VIDENIA .....	25
1.7.4 ZOTRVAČNOSŤ VIDENIA .....	26
1.7.5 FAREBNÝ METAMERIZMUS (METAMETRIA) .....	27
1.7.6 FAREBNÁ ROZLIŠOVACIA SCHOPNOSŤ .....	27
<b>2 ZÁKLADNÉ FARBY PRE PRENOS VO FAREBNEJ TELEVÍZII.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 VOĽBA FAREBNÝCH SVETIEL (<math>R_E</math>), (<math>G_E</math>), (<math>B_E</math>), .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2 NORMALIZOVANÉ SVETLO C PRE FAREBNÚ TELEVÍZIU A TROJFAREBNÉ ČLENITELE <math>R_E</math>, <math>G_E</math>, <math>B_E</math>.....</b>	<b>29</b>
<b>3 ZÁKLADY TELEVÍZNEHO PRENOSU .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 VYTVORENIE TELEVÍZNEHO SIGNÁLU .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2 ČASTI PRENOSOVEJ CESTY.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 PODSTATA TELEVÍZNEHO PRENOSU.....</b>	<b>33</b>
<b>3.4 RIADKOVÝ RASTER.....</b>	<b>35</b>
<b>3.5 PREKLADANÉ RIADKOVANIE.....</b>	<b>40</b>
<b>II. 45</b>	
<b>PRAKTICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>45</b>
<b>4 FUNKCIE A PARAMETRE KAMIER PRE CCTV.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 POČET PÍXELOV ČIPU .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2 ROZLIŠOVACIA SCHOPNOSŤ .....</b>	<b>46</b>

<b>4.3</b>	<b>VEĽKOSŤ ČIPU</b> .....	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>CITLIVOSŤ</b> .....	<b>47</b>
<b>4.5</b>	<b>SYNCHRONIZÁCIA</b> .....	<b>50</b>
<b>4.6</b>	<b>ELEKTRONICKÁ UZÁVIERKA (SHUTTER)</b> .....	<b>50</b>
<b>4.7</b>	<b>RIADIACE VÝSTUPY KAMIER</b> .....	<b>51</b>
<b>4.8</b>	<b>ZADNÉ OSTRENIE KAMERY</b> .....	<b>52</b>
<b>4.9</b>	<b>DSP (DIGITAL SIGNAL PROCESSING)</b> .....	<b>52</b>
<b>4.10</b>	<b>NIEKTORÉ FUNKCIE DIGITÁLNYCH KAMIER</b> .....	<b>52</b>
4.10.1	KOREKCIA GAMA .....	53
4.10.2	MÄKKÉ OBMEDZENIE .....	53
4.10.3	APERTUROVÁ KOREKCIA .....	53
4.10.4	AUTOMATICKÉ NASTAVENIE CLONY .....	54
4.10.5	ZAOSTROVACIE SYSTÉMY .....	54
4.10.6	KOMPENZÁCIA PROTISVETLA (BLC) .....	54
4.10.7	AWB – AUTOMATIC WHITE BALANCE .....	55
<b>5</b>	<b>OBJEKTÍVY</b> .....	<b>56</b>
<b>5.1</b>	<b>OHNISKOVÁ VZDIALENOSŤ</b> .....	<b>56</b>
<b>5.2</b>	<b>OPTICKÝ ZOOM</b> .....	<b>57</b>
<b>5.3</b>	<b>CLONA</b> .....	<b>57</b>
<b>5.4</b>	<b>HĽBKA OSTROSTI</b> .....	<b>58</b>
<b>5.5</b>	<b>MOŽNOSTI NASTAVENIA CLONY A OHNISKOVEJ VZDIALENOSTI</b> .....	<b>59</b>
<b>5.6</b>	<b>SPÔSOB UCHYTENIA OBJEKTÍVU KU KAMERE</b> .....	<b>60</b>
<b>5.7</b>	<b>APLIKÁCIE OBJEKTÍVU KU KAMERE S OHĽADOM NA FORMÁT</b> .....	<b>60</b>
<b>5.8</b>	<b>ŠPECIÁLNE OBJEKTÍVY</b> .....	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>PRINCÍP CCD PRVKOV</b> .....	<b>62</b>
<b>6.1</b>	<b>NÁBOJOVO VIAZANÉ PRVKY (CHARGE COUPLED DEVICES – CCDS)</b> .....	<b>62</b>
<b>6.2</b>	<b>FAREBNÝ OBRAZ</b> .....	<b>63</b>
<b>6.3</b>	<b>PIXELY MÔŽU BYŤ V CCD ČIPE ORGANIZOVANÉ NIEKOLKÝMI SPÔSOBMÍ</b> .....	<b>67</b>
<b>6.4</b>	<b>ZLUČOVANIE PÍXELOV – BINNING</b> .....	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>TECHNOLÓGIA CMOS</b> .....	<b>73</b>
<b>7.1</b>	<b>VÝHODY A NEVÝHODY CCD A CMOS SNÍMAČOV</b> .....	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>MERANIE PARAMETROV TELEVÍZNEJ KAMERY</b> .....	<b>75</b>

---

<b>8.1</b>	<b>METODIKA Č. 1 .....</b>	<b>76</b>
8.1.1	STANOVENIE MODULAČNEJ PRENOSOVEJ FUNKCIE – MTF.....	76
<b>8.2</b>	<b>METODIKA Č. 2 .....</b>	<b>84</b>
8.2.1	STANOVENIE HORIZONTÁLNEHO ROZLIŠENIA .....	84
<b>8.3</b>	<b>METODIKA Č. 3 .....</b>	<b>89</b>
8.3.1	STANOVENIE CITLIVOSTI KAMERY .....	89
<b>8.4</b>	<b>METODIKA Č. 1 A Č. 2.....</b>	<b>94</b>
8.4.1	STANOVENIE HORIZONTÁLNEHO ROZLIŠENIA A MODULAČNEJ PRENOSOVEJ FUNKCIE .....	94
	<b>ZÁVER .....</b>	<b>102</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>104</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>106</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b>	<b>107</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>108</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>111</b>
	<b>ZOZNAM PRÍLOH.....</b>	<b>112</b>

## ÚVOD

To, že vidíme, prisudzujeme svojmu najdrahocenejšiemu zmyslu, zraku, za prispenia určitého druhu žiarenia. Dokáže rozlíšiť jas, tj. množstvo svetla doňho dopadajúceho, či už priamo alebo nepriamo odrazom od predmetov a informuje nás o farbe svetla (chromatičnosti i kolorite). Televízna technika sa snaží funkciu oka napodobniť, avšak oko má i svoje nedokonalosti súvisiace so zrakovým vnemom, ktoré naopak pre televízny prenos s výhodou využívame.

Kamery a kamerové monitorovacie systémy sú stále častejším doplnkom nášho života. V domácom prostredí slúžia k monitorovaniu diania v dome a jeho okolia (stráženie vjazdu do garáže, záhrady, atď.). Teda cieľom je sledovať udalosti v záujmových zónach monitorovaných jednotlivými kamerami s prípadným upozornením na pohyb alebo hlasové zmeny. Snímaný obraz je prenášaný drôtovými alebo bezdrôtovými kamerami do televízneho prijímača, videa alebo počítača. Pri použití vo firme pre trvalý dozor, napr. na parkovisku, podzemných garážach, v recepcii, vstupnej hale, alebo v skladových priestoroch sú na ne kladené vyššie nároky, ako z pohľadu kvality snímaného obrazu, prevádzky za zhoršených svetelných podmienok, tak i požiadavkám na následné spracovanie videosignálu.

Dnes je k dispozícii bohatá škála osvedčených zariadení začínajúca klasickými analógovými kamerovými systémami až po najmodernejšie digitálne systémy. Uzavreté sledovacie, či televízne okruhy sú v súčasnosti jednou najdynamickejšie sa rozvíjajúcou oblasťou bezpečnostného priemyslu. Zaisťuje monitorovanie vybraných priestorov pomocou kamier. Bezpečnostné kamery dnes nájdeme všade, v obchodných domoch, kancelárskych budovách i na benzínových staniaciach. V poslednej dobe kamier na verejných priestranstvách a v dopravných uzloch pribúda čoraz viac. Budujú sa mestské kamerové systémy, ktoré hrajú nezanedbateľnú úlohu v prevencii kriminality.

Cieľom práce je:



- Uskutočniť základné merania vybraných parametrov televíznych kamier s prihliadnutím na potreby v priemysle komerčnej bezpečnosti,
- získané skúsenosti vypracovať v metodickú príručku postupov pri výbere kamier,
- poskytnúť možnosti realizácie školského laboratória pre testovanie zobrazovacích techník študentmi Univerzity Tomáše Bati.

Rozvoj informačných technológií v minulých rokoch umožnil integráciu kamerových systémov do rozsiahlych komunikačných sietí a ich diaľkové riadenie.

## **I. TEORETICKÁ ČASŤ**

# 1 ZÁKLADY NÁUKY O SVETLE

## 1.1 Základné poznatky o farebnom videní

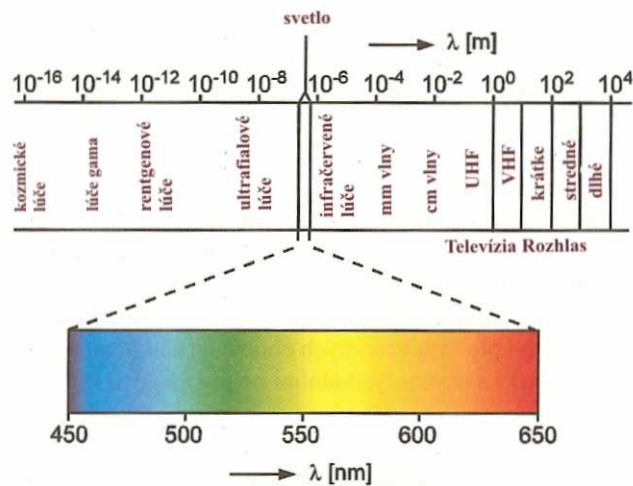
Ľudstvo túžilo už od pradávna zachytiť zrkovú vnemy i predstavy ako trvalé kresby, obrazy a neskôr, i ako fotografie. Nadaní jedinci inšpirovaní krásou prírody, či ženami, náboženstvom, ale i historickým dianím sa snažili ako maliari alebo sochári dať podobu svojím vnemom a citom.

Vynálezy, fotografie, kinematografia, pokroky v elektronike vákuovej i polovodičovej, v mikroelektronike i v technike súčiastok a počítačov umožnili vďaka priekopníckym prácam obetavých technikov a vynálezcov to, že dnes dokážeme prenášať farebné obrazy na diaľku, ale aby sme toto tajomstvo poznali, musíme sa najskôr zoznámiť so základmi fyziky žiarenia, ako i s psychofyzikálnymi pojmami náuky o svetle a s jeho meraním, tj. s kolometriou [1].

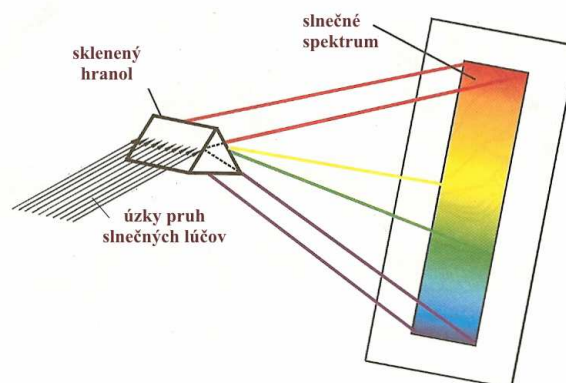
## 1.2 Biele slnečné svetlo

To, že vidíme, prisudzujeme svojmu najdrahocenejšiemu zmyslu, zraku, za príspevia určitého druhu žiarenia. Toto žiarenie je elektromagnetické vlnenie. Jeho určitý frekvenčný rozsah vyvoláva v ľudskom oko podráždenie, ktoré je v mozgu vyhodnocované ako zrkovú vnem, čiže videnie. Svetlo nazývame ono žiarenie, ktoré je pre nás viditeľné.

Viditeľné žiarenie, tj. svetelné spektrum, je len veľmi úzkou časťou z celkového spektra elektromagnetického vlnenia (Obr. 1). Od dlhých vln používaných v rádiotechnike pre prenos informácií sa dostávame cez stredné i krátke vlny, cez oblasť VHF, UHF a milimetrové vlny k vlneniu infračervenému a cez viditeľné svetlo do pásma ultrafialového. Ešte kratšie vlnové dĺžky patria röntgenovým lúčom, ďalej lúčom gama a kozmickému žiareniu [1].



Obr. 1 Dĺžky elektromagnetických vln [1].



Obr. 2 Rozklad slnečného svetla hranolom [1].

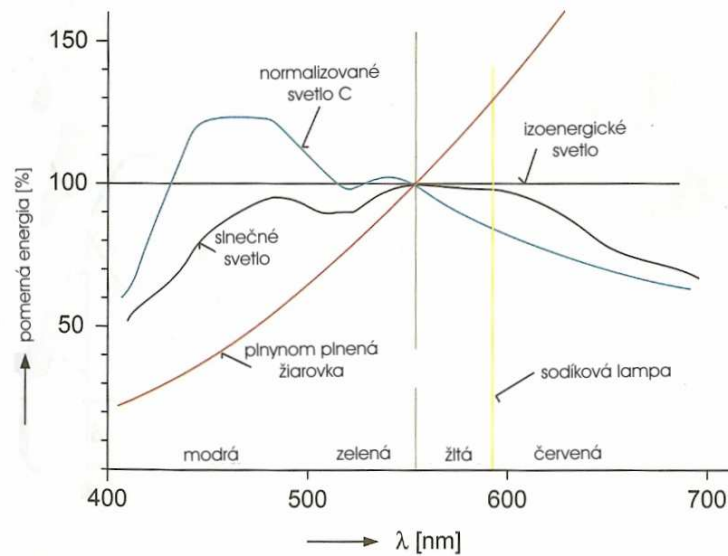
Slné svetlo spôsobuje v oku podráždenie, ktorému sa prisudzuje vnem bieleho svetla. Toto žiarenie vyhodnotené zrakom ako biele svetlo, nie je vlnenie o jednej určitej vlnovej dĺžke, ale je zmesou veľkého počtu farebných svetiel. Ak dopadá úzky lúč bieleho slnečného svetla pod vhodným uhlom na sklenený hranol, rozloží sa na farebné spektrum (Obr. 2). Jednotlivé farebné svetlá, tzv. monochromatické, ktoré budeme ďalej nazývať farbami, prechádzajú spojito od červenej cez oranžovú, žltú, zelenú a modrú do fialovej. Všetky tieto spektrálne farby sú žiarením o rovnakej intenzite (energii), preto je slnečné svetlo približne svetlom izoenergetickým. Červený lúč sa hranolom odchyľuje najmenej, lebo má najdlhšiu dĺžku vlny 700 nm (1 nanometer =  $10^{-9}$  m, čo je 1 milióntina milimetra),

fialový lúč sa hranolom láme najviac. Dĺžka jeho vlny 400 nm je najkratšia z viditeľného spektra. Frekvenčne to odpovedá  $750 \cdot 10^6$  MHz (750 miliónom MHz) [1].

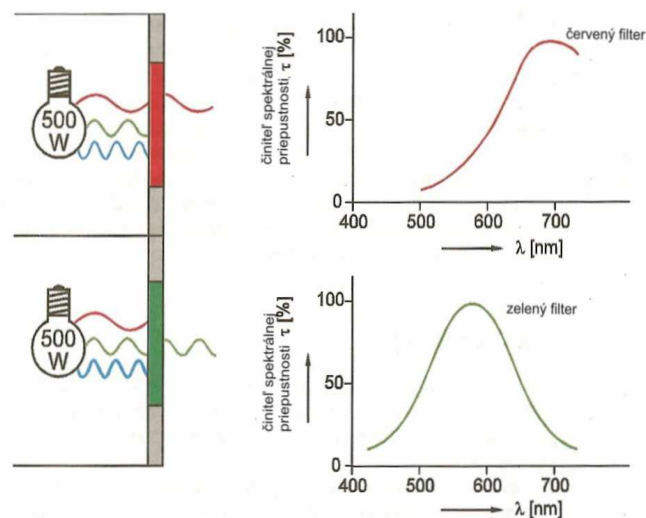
### 1.3 Priame svetlo a farebné filtre

Slnéčné svetlo, svetlo čírej žiarovky, horiacej látky (svetelnej rakety) alebo svetielkujúce luminoformi televíznej obrazovky sú priame zdroje svetla. Ich svetelné lúče dráždia priamo zrak, pri ktorom sa nemení spektrum, tj. rozloženie zložiek svetla. Podľa obsahu týchto zložiek je určená farba svetelného zdroja (chromatičnosť).

Žeravé telesá sú teplotné zdroje svetla a majú širokopásmové spektrum. Podľa teploty telies sa mení ich farba, pretože sa zmenil energetický obsah spektrálnych zložiek. Žeravé železo svieti pri nižších teplotách červenej, pri vyšších teplotách bielo až namodravo. Obvykle neudávame energiu, či výkon jednotlivých zložiek absolútne (napr. vo wattoch), ale vzťahujeme ju k veľkosti energie pre zložku zelenú = 555 nm, pri ktorej má oko najväčšiu citlivosť. Energiu berieme pre úzky frekvenčný obor, napr.  $\Delta\lambda = 10$  nm a graficky znázorňujeme relatívne rozloženie energie (Obr. 3). Úplne izoenergetickému svetlu, ktoré je v praxi neuskutočiteľné, sa podobá normalizované svetlo C. Toto svetlo bolo spočiatku normál pre biele svetlo obrazovky. Vzniká žeravením žiariča, ktorý neodráža svetlo (čierny žiarič), na teplotu 6670 K. Farbu svetelného zdroja meníme rôznymi farebnými filtermi. Červené sklo signálnych svetiel na križovatke nedovolí priechod všetkým spektrálnym zložkám „bieleho“ svetla žiarovky okrem červenej. Vlastnosti filtra udáva krivka jeho spektrálnej priepustnosti  $\tau$  (Obr. 4) [1].



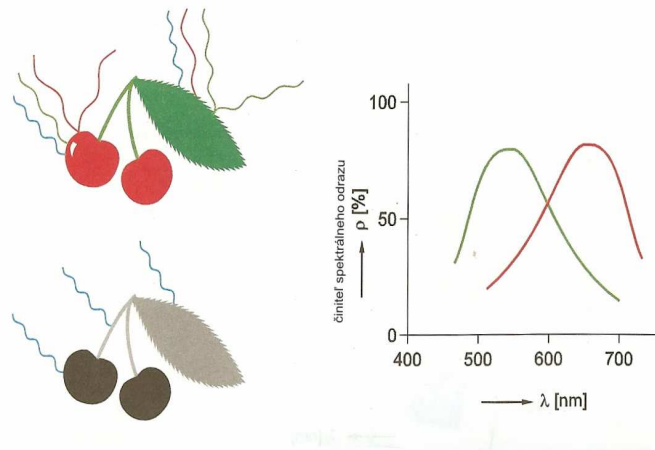
Obr. 3 Rozloženie energie rôznych svetiel [1].

Obr. 4 Farebné filtre krivky činiteľa spektrálnej priepustnosti  $\tau$  [1].

#### 1.4 Nepriame svetlo – farba predmetov

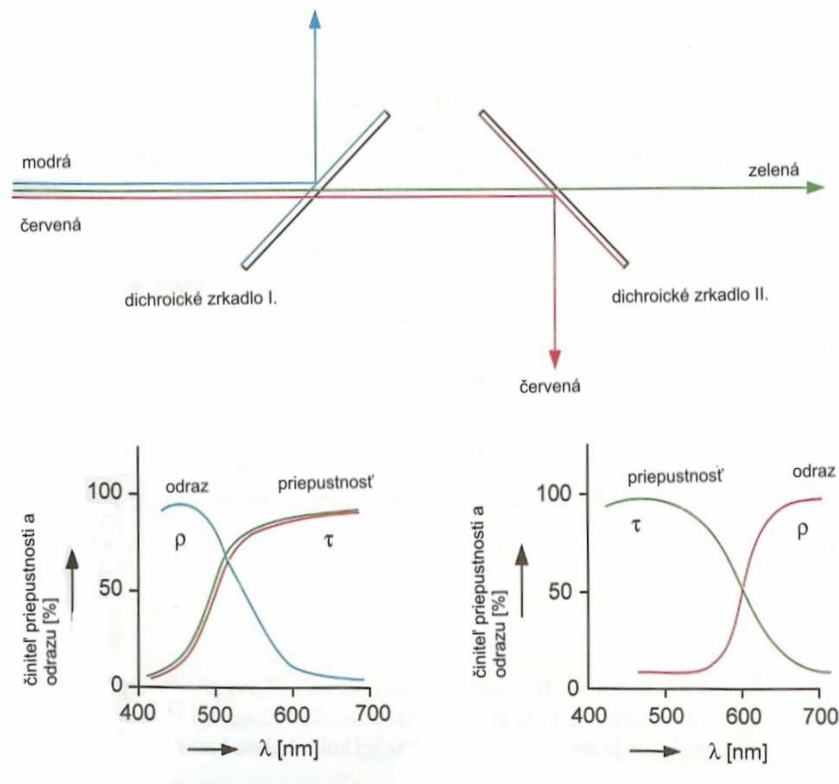
Farba predmetov (kolorita) je daná schopnosťou odrážať určité spektrálne zložky svetla, ktoré na predmet dopadajú. Pozorujúcu farbu predmetu, vnímame len odrazené zložky z pôvodného zdroja, ktorý predmet osvetľuje. Ostatné zložky obsiahnuté v priamom svetle pred odrazom sú farebným predmetom pohltené (Obr. 5). Čerešne vnímame červené, pretože dopadajúce biele svetlo, teda zmes spektrálnych farieb, povrch čerešní pohltí až na

zložku červenú, ktorá sa odrazí. Keby sme čerešne ožiarili len modrou farbou, videli by sme plody úplne čierne. Vlastnosti farebného povrchu môžeme zachytiť krivkou spektrálneho odrazu  $\rho$  (Obr. 5). Farba predmetu závisí na okolnom osvetlení. Pri nákupe pozeráme „skutočnú“ farbu látky na dennom svetle, pretože žiarovkové osvetlenie skresľuje farbu (potlačuje červenú a jej kombinácie). Najčastejšie ide o hrubý odrážajúci povrch, takže odraz svetla je rozptýlený do rôznych smerov a povrch javí rovnaké farby, ak je osvetlený a pozorovaný z ľubovoľného smeru. Projekčné steny sú biele a hrubozrnné, odrážajú všetky vlnové dĺžky rovnomerne a do všetkých smerov. Dokonale odrážajúca a rozptyľujúca plocha sa hodí k pozorovaniu priameho svetla [1].



Obr. 5 Farba predmetov a krivky činiteľa spektrálneho odrazu  $\rho$  [1].

Zrkadlá odrážajú svetelný lúč len v určitom smere podľa fyzikálneho pravidla, že uhol odrazu sa rovná uhlu dopadu. Dichroické zrkadlá, používané pre snímanie farebného obrazu kamerou, odrážajú určité spektrálne zložky a ostatné prepúšťajú v pôvodnom smere dopadajúceho priameho svetla (Obr. 6). Pri odraze sa časť svetelnej energie pohlcuje, ako udáva činiteľ spektrálnej pohltivosti  $\sigma$ . Pre jednu a tú istú látku sa súčet činiteľov spektrálneho odrazu, priepustnosti a pohltivosti rovná nule.



Obr. 6 Dichroické zrkadlá, ich činitele spektrálnej priepustnosti  $\tau$  a činitele spektrálneho odrazu  $\rho$  [1].

## 1.5 Dôležité veličiny a jednotky svetla

Doteraz sme sa nezmienili, aké množstvo svetla meriame a ako posudzujeme farbu (chromatičnosť). U obrazoviek sa stretávame s pojmom jas (napr. 1000 kandelov na  $\text{m}^2$ ), v štúdiu hovoríme o osvetlení napr. 100 luxov.

Objektívne by sme mali svetlo vyhodnocovať ako energiu žiarenia, tj. výkon vo wattoch, ako fyzikálnu veličinu. Kvantitatívne posudzujeme svetelné žiarenie ako energiu, ktorú majú všetky farebné zložky svetla. Chromatičnosť výsledného svetla určujeme dĺžkou tej elektromagnetickej vlny, ktorá v žiarení prevláda.

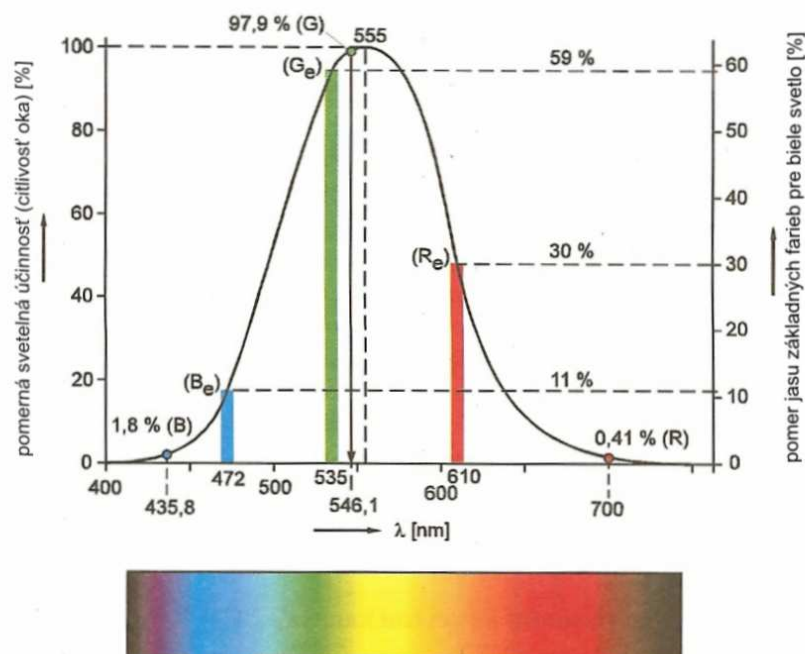
Ľudské oko však nevníma rôzne spektrálne svetlá s rovnako silným zrakovým vnemom, aj keď mala rovnakú energiu (W). Vzťah medzi dopadajúcou energiou svetla a zrakovým vnemom nieje u všetkých ľudí rovnaká a líši sa za šera (oko vidí len čiernobielo) a za normálneho osvetlenia.



Zvážeme normalizovaný priemer získaný z pozorovania mnohých osôb pri svetelných úrovniach, kedy oko rozlišuje farby.

Citlivosť oka, alebo inak tiež pomerná svetelná účinnosť  $S_\lambda$  pre jednofarebné žiarenie rôznych dĺžok je znázornená na Obr. 7 za predpokladu, že sú vyžarované s rovnakou energiou. Najväčšia citlivosť (účinnosť) je pri vlnovej dĺžke 555 nm (žltozelená), na obe strany smerom k červenej a fialovej sa znižuje. Začiatkom infračerveného a ultrafialového pásma sa javí oku až tmavé.

Podľa tohoto základného subjektívneho vzťahu považujeme svetelné veličiny za psychofyzikálne, na rozdiel od fyzikálnych veličín žiarenia, napr. žiarivého toku uvedeného vo wattoch.



Obr. 7 Pomerná svetelná účinnosť alebo citlivosť oka pre monochromatické žiarenia rôznych dĺžok a rovnaké energie pri dostatočnom jase (fotopické videnie); význam základných televíznych farieb ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ) [1].

Bodový zdroj svetla vyžaruje do priestoru spektrum dielčích vlnových dĺžok (Obr. 8). Prislúšajú im energetické príspevky  $W_\lambda \cdot \Delta\lambda$  uvažované vždy pre malý prírastok vlnovej dĺžky  $\Delta\lambda$ . Ak násobíme tieto výkony príslušnou pomernou účinnosťou  $S_\lambda$  a tieto súčiny

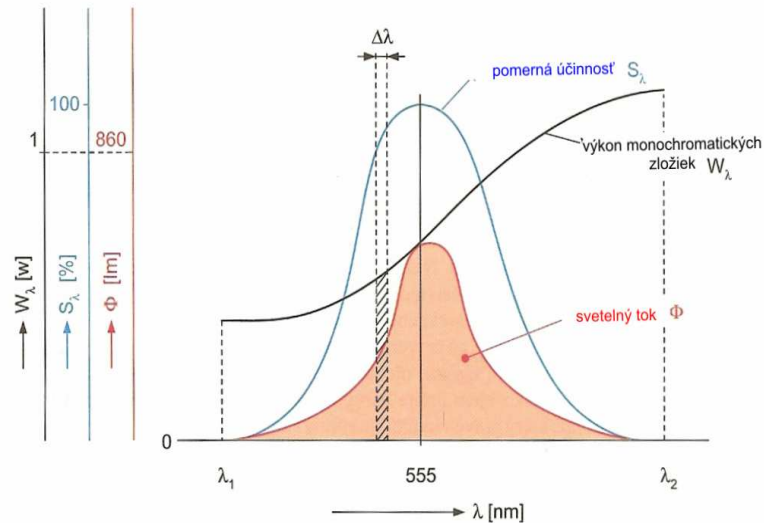
sčítame v rozmedzí krajných vlnových dĺžok, dostaneme svetelný tok  $\Phi$ . Jednotkou svetelného toku nieje watt, ale lúmen (1 lm) pri zavedenej konštante  $K = 860$  lúmen/W:

$$\Phi = 860 \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{\lambda} \cdot W_{\lambda} \cdot \Delta\lambda [\text{lm}; \text{W}] \quad (1)$$

Pre svetlo o vlnovej dĺžke 555 nm je  $1 \text{ W} = 860 \text{ lm}$ .

Svetelný tok sa šíri do priestoru. Jeho časť pripadajúca na jednotkový priestorový uhol (steradián) je ďalšou svetelnou veličinou a nazýva sa svietivosť. Má jednotku 1 kandela (cd) a tá sa dá realizovať ako normál. Jeden steradián je priestorový uhol prislúšajúci guľovej ploche  $1 \text{ m}^2$  pri polomere gule 1m.

Osvetlenie nejakej plochy dostatočne vzdialenej od bodového zdroja je daná pomerom prírastku svetelného toku a prírastku plochy, na ktorú dopadá tok. Udáva sa v luxoch (lx):  $lx = 1 \text{ lm}/1 \text{ m}^2$ . Skutočné zdroje svetla nie sú bodové. Sviatia celou plochou svojho rovinného povrchu. Pre posúdenie ako veľký svetelný účinok dáva plošný zdroj v určitom smere, nestačí len posudzovať svietivosť zdroja v kandelách, ale je treba vzťahnúť túto svietivosť na jednotkový povrch zdroja. Tak môžeme vyhodnocovať jas zdroja. Je to pomer svietivosti v danom smere k ploche zdroja. Táto plocha zdroja sa berie ako priemet skutočnej plochy zdroja do roviny kolmej v smere uvažovanej svietivosti. Jednotkou jasu je kandela na štvorcový meter ( $\text{cd}/1 \text{ m}^2$ ), skôr označovaná ako nit. [1].



Obr. 8 Stanovenie svetelného toku z výkonov monochromatických zložiek  $W_\lambda$  a z pomernej účinnosti  $S_\lambda$

Svietivosť plošného zdroja je rôzna v rôznych smeroch. U dokonalo rozptyľujúcich plôch sa svietivosť znižuje úmerne s kosínusom uhľu počítaného od kolmice k povrchu zdroja. Pretože sa podľa rovnakej úmernosti znižuje priemet skutočnej plochy zdroja do roviny kolmej k uvažovanej svietivosti, zostáva pomer oboch veličín konštantný. Preto je jas u dokonalo rozptyľujúcej plochy rovnaký vo všetkých smeroch. Tu môžeme jas definovať tiež nenormalizovanou jednotkou, apostilbom. Dokonalou rozptyľujúcou plochou má jas 1 apostilbu, keď plocha  $1 \text{ m}^2$  vyžaruje svetelný tok 1 lúmen. Vzťah medzi obidvoma jednotkami jasú udáva, že  $1 \text{ kandela/m}^2$ , teda nit je rovná  $\pi$  apostilbu [1].

## 1.6 Ľudské oko, jeho vlastnosti a televízna kamera

Svoje okolie vnímame najdôležitejším zmyslom – zrakom. Deje sa tak pomocou skvelého nenapodobiteľného zariadenia – ľudského oka. Dokáže rozlíšiť jas, tj. množstvo svetla doňho dopadajúceho, či už priamo alebo nepriamo odrazom od predmetov a informuje nás o farbe svetla (chromatičnosti i kolorite). Televízna technika sa snaží funkciu oka napodobniť (napr. polovodičovú kameru), ale nedostigne v niektorých jeho vlastnostiach. Oko má však i svoje nedokonalosti súvisiace so zrakovým vnemom, ktoré naopak pre televízny prenos s výhodou využívame.

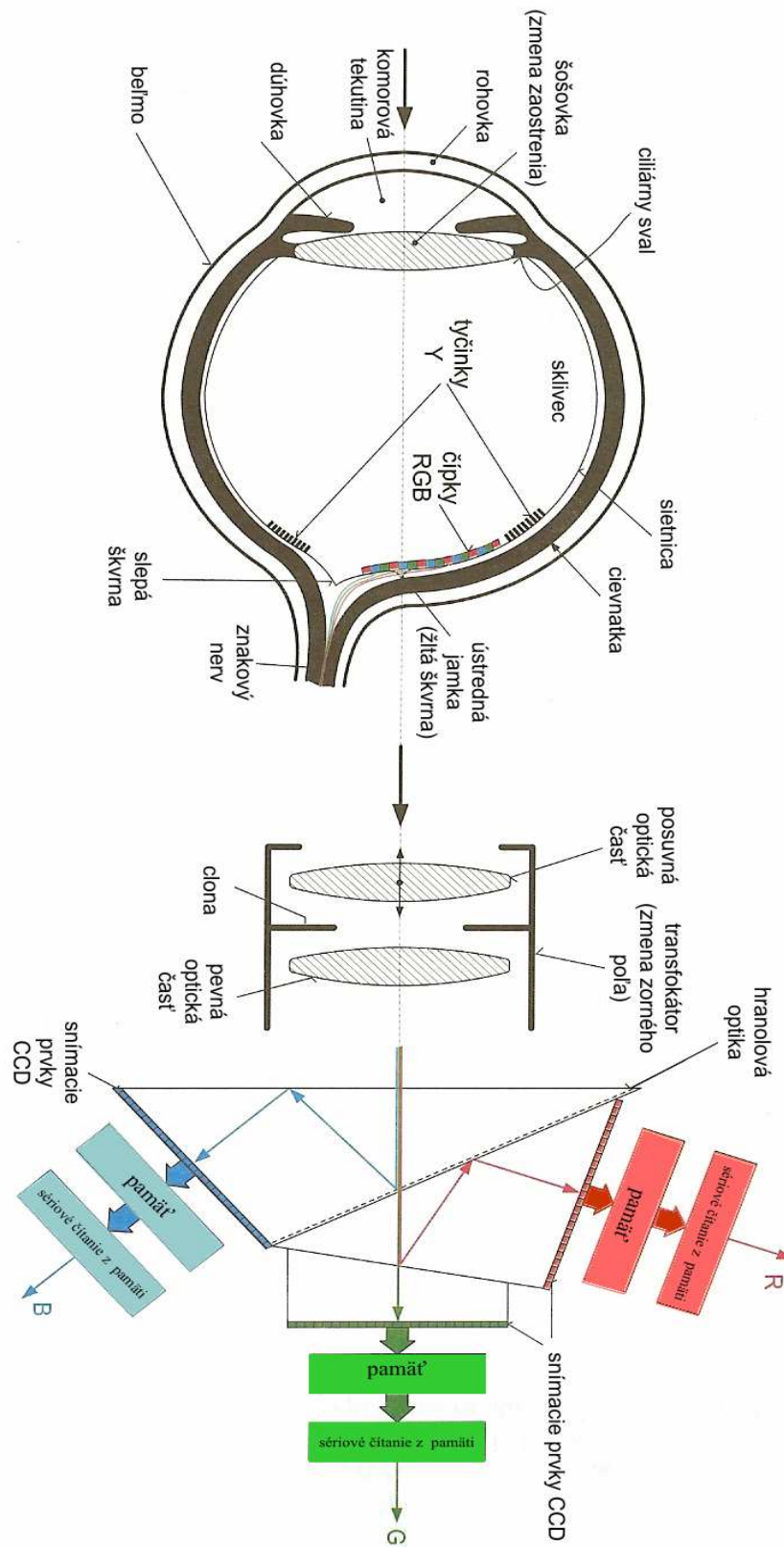
Prierez ľudským okom je znázornený na Obr. 9 Očná buľva obsahuje 3 vrstvy. Povrchové belmo prechádza vpredu oka v priehľadnú rohovku, ktorou prichádzajú svetelné lúče cez šošovku do oka. Stredná vrstva cievnatka zásobuje celý zrakový orgán krvou a prechádza vpredu v ciliárny sval. Jeho úlohou je meniť tvar šošovky, a tým meniť jej ohniskovú vzdialenosť a zaostrovať obraz na vnútornej vrstve oka – sietnici. Okrem toho prechádza ciliárny sval na vonkajšej strane šošovky v dúhovku a podľa množstva dopadajúceho svetla (jasu) mení tento sval priemer dúhovky (ako clona u fotoaparátu).

Oba priestory pred a za šošovkou sú vyplnené priehľadnou komorovou tekutinou, respektíve sklivcom. Pred šošovkou sa obraz určitého jasu premieta ako určité osvetlenie na zadnej časti sietnice. V ose oka je na sietnici ústredná jamka žltej škvrny. Tu sú rozložené v kruhu asi do  $6^\circ$  od osy bunky citlivé na svetlo, a to na jas i farbu. Nazývame ich čípky. V kolorimetrii ďalej poznávame, že skôr všetky spektrálne svetlá a ich zmesi (teda i biele svetlo) vieme realizovať troma základnými svetlami. Odtiaľto pramení i jedna z teórií farebného videnia. Jej základ tvorí predpoklad troch druhov čípkov RGB, podľa toho, či sú citlivé na červené, zelené, či modré svetlo. Od čípkov totiž vedú do mozgového centra videnia nervové vlákna, prenášajúce podráždenie čípkov do mozgu, ktorý ich, elektronicky povedané, dekoduje ako vnem určitej farby a jasu. V mozgovej pamäti sa informácie spracúvajú a vytvárajú obraz, ktorý práve vidíme. Na sietnici sú ešte iné bunky citlivé na svetlo. Nazývajú sa tyčinky. Ich počet (asi 120 miliónov) je oveľa väčší ako počet čípkov (6 miliónov). Sú umiestnené v medzikruží od  $10^\circ$  do  $20^\circ$  od optickej osy oka. Tyčinky sú 200 000krát citlivejšie na svetlo ako čípky. Preto nám tyčinky umožňujú vidieť za šera (skotopické videnie). Vidíme však len čiernobielo, a to podľa krivky pomernej účinnosti (viď. Obr. 7) posunutú svojim maximom asi o 40 nm smerom ku kratším vlnovým dĺžkam. Tyčinky nás teda informujú prevažne o jase (Y), čípky o farbe (R, G, B). Červenú farbu označujeme symbolom R z anglického slova Red, zelenú G = Green, modrú B = Blue. Tyčinky reagujú na zmeny svetla ďaleko rýchlejšie (majú menšiu zotrvačnosť) ako čípky. Ak sa pozeráme na obrazovku nepriamo („po očku“) je blikanie veľkých plôch s veľkým jasom oveľa zreteľnejší ako pri priamom pohľade. Videnie pri bežnom jase označujeme ako fotopické.

V mieste, v ktorom nervové vlákna opúšťajú sietnicu, je tzv. slepá škvrna. Nie sú tu ani čípky, ani tyčinky. Zrakový vnem však dokáže toto prázdne miesto patrične doplniť. Pretože sú dve oči, tak sa v mozgu vytvárajú dva obrazy premietnuté z rôzneho zorného

uhl'u podľa vzdialenosti medzi dvoma očami. Rozdielové obrazy sa v mozgu vyhodnotia ako tretí rozmer obrazu. To spôsobuje, že vidíme plasticky.

V televíznej polovodičovej kamere nemôžeme premiešať navzájom jednotlivé mikroskopické snímacie prvky (CCD) tak, ako je tomu u čípkov na sietnici oka. Preto rozkladáme pomocou dichroických hranolov svetlo prechádzajúce z transfokátora do troch zariadení RGB. Náboje úmerné osvetlením (zložky R, G, B majú rôzny jas) sa v krátkej snímkovej opakovacej perióde ukladajú do pamätí, rovnako ako u oka do mozgových buniek. Televízny prenos však nevybavuje všetky body obrazu naraz ako oko. Obraz ukrytý v pamäti je treba rozložiť do riadkovania pomocou postupného čítania z pamäti [1].



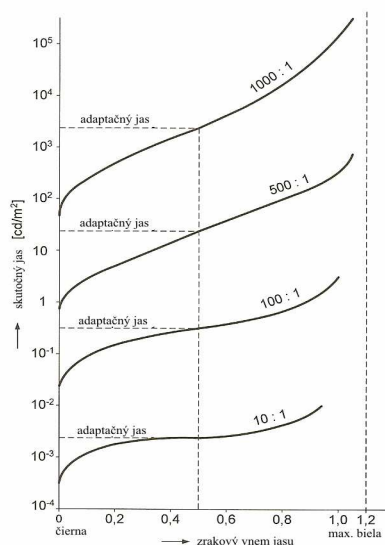
Obr. 9 Schematický prierez ľudským okom a zjednodušené schéma televíznej CCD kamery [1].

## 1.7 Vlastnosti ľudského oka využívané v televíznom prenose

Poznali sme, že oko vie vyhodnotiť svetelné žiarenie kvantitatívne (čo do množstva) ako veľkosť jasového vnemu, kvalitatívne (čo do akosti) ako farbu podľa obsahu jeho spektrálnych zložiek. Z hľadiska prenosových sústav bude treba, aby sme si vysvetlili niektoré ďalšie zákonitosti týkajúce sa zrakového vnímania. Je to jasové a farebné prispôsobenie oka, ostrosť videnia, zotrvačnosť videnia, farebný metarizmus a farebná rozlišovacia schopnosť [1].

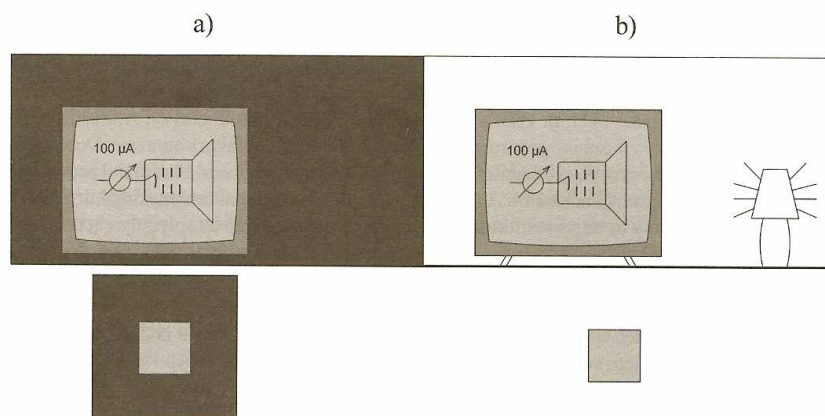
### 1.7.1 Jasové prispôsobenie

Oko môže rozlišovať jas vo veľmi veľkom rozmedzí (0,001 až 10 000 cd/m<sup>2</sup>) nie však súčasne. Oko sa vždy prispôsobí na strednú geometrickú hodnotu jasu a okolo nej rozlišuje čiernu a maximálne bielu (Obr. 10). Rovnaký rozdiel zrakových vnemov odpovedá rovnakému pomeru jasu. Rozsah jasu, čiže kontrast pri prispôbení na stredný jas je pri nízkych jasoch menšia (10:1), pri vyšších stredných jasoch väčšia (1000:1). Tieto vlastnosti zraku využívame pri televíznom prenose, pretože najkontrastnejšia obrazovka (trinitron) sama môže vykazovať kontrast maximálne 100:1. Stačí prenášať vo všetkých častiach televízneho zariadenia jasy v rovnakom vzájomnom pomere bez potreby rozlíšenia absolútnych hodnôt jasu. Rýchlosť prispôsobenia je pri zväčšujúcom sa strednom jase väčšia ako pri jeho znižovaní.



Obr. 10 Vnímané jasové rozsahy pri rôznom skutočnom jase [1].

Kontrast pozorovaný na obrazovke závisí na osvetlení okolia. Ak pozorujeme televízny obraz v tme, je maximálny jas absolútny a odpovedá mu kontrast. Oko sa však veľmi namáha, pretože je nútené stále sa prispôsobovať strednému jasu. Pri osvetlení (vid'. Obr. 11), bez priameho dopadu vonkajšieho svetla na obrazovku, sa ten istý maximálny jas na obrazovke zdá menší. Je to relatívny jas. Preto je i kontrast obrazu menší. Oko sa však príliš neunavuje prispôsobovaním zmenám stredného jasu. Preto by sme mali pozorovať televízny program pri takom nepriamom osvetlení okolí, pri ktorom sa jeho jas približne rovná priemernému strednému jasu na obrazovke.



Obr. 11 Absolútny (a) a relatívny jas (b) [1].

Absolútny jas svetelného zdroja alebo povrchu závisí len na energetickej úrovni všetkých zložiek svetla, i keď je okolie rôzne osvetlené. Podľa osvetlenia vníma pozorovateľ rôzny relatívny jas. Svietiaca obrazovka televízora má pri prúde lúča  $100 \mu\text{A}$  rovnaký absolútny jas v zatemnenej i osvetlenej miestnosti [1].

### 1.7.2 Farebné prispôbenie

Oko vyhodnocuje chromaticnosť svetiel alebo koloritu povrchu predmetu podľa obsahu spektrálnych zložiek dopadajúcich na čípkky sietnice. Tento obsah závisí na energetickom zložení dopadajúceho svetla a na priebehu kriviek činiteľov spektrálnej priepustnosti a spektrálneho odrazu. Nič menej oko sa prispôsobuje i v oblasti farieb. Pre rôzny obsah spektrálnych zložiek dopadajúceho svetla si vytvára vnímanú farbu akosi podľa zvyku, pokiaľ nie sú rozdiely spektra veľké. Tak napr. považujeme biely papier za biely pri



osvetlení žiarovkou i pri dennom svetle. Rozdiely sa síce objavajú pri náhlej zmene týchto dvoch druhov osvetlenia, ale zanedlho sa vyrovnajú a vnímame opäť bielu farbu papiera.

Inak je vnem farby ovplyvňovaný podľa jasov dvoch rôznofarebných susediacich povrchov. Ak má jedna farba väčší jas, napr. zelená, mení sa zrkový vnem susednej žltej farby tak, že sa zdá byť oranžovejšia ako by odpovedalo pozorovanie iba žltej farby.

Tieto podrobnosti sú oveľa rozmanitejšie ako je uvedené. Nie sú však pre spôsob farebného prenosu dôležité, preto sa nimi nebudeme podrobnejšie zaoberať [1].

### 1.7.3 Ostrosť videnia

Ako ostrosť videnia definujeme minimálny zorný uhol, pod ktorým môžeme ešte rozlíšiť dva body rôzneho kontrastu. Tento uhol závisí predovšetkým na farbe. Je minimálny pre čiernobiele pozorovanie. Pri ňom závisí na stredom jase pozadia oboch bodov a na ich kontraste. Býva rôzny podľa schopnosti pozorovateľa 0,5 až 1 uhl'ová minúta. Ak je tento uhol menší, nerozozná oko detaily a obraz splýva v jeden celok. Je treba uvedomiť si, že oko vidí tak ostro, len v okolí ústrednej jamky a pri dobrom osvetlení. Ak sme odkázaný za šera na videnie pomocou tyčínok, ostrosť sa znižuje (minimálny zorný uhol sa zväčšuje). Naš zrak je vždy sústredený na pomerne malú časť pozorovanej plochy od optickej osy oka. Aby oko pozorovalo, napr. celé tienidlo obrazovky, musí neustálym drobným smerovaním očí prechádzať po jeho ploche. Preto nie je vhodný veľký pozorovací uhol, tj. krátka pozorovacia vzdialenosť od obrazovky. Ani príliš veľká vzdialenosť sa nehodí pre pôsobivé pozorovanie programu z hľadiska kontaktu s obrazom. Doporučuje sa pozorovať tienidlo obrazovky zo vzdialenosti 4 až 6násobnej výšky obrazu. Minimálnej pozorovacej vzdialenosti odpovedá zorný uhol asi 14°. Ak pripustíme zorný uhol pre rozlíšenie maximálnych detailov, 1 uhl'ovú minútu, mali by sa na tienidle zobrazovať body tak husto, že by splynuli v jeden celok pri ich počte 870 na výšku (v zvislom smere) a s rovnakou hustotou, tj. 870 šírka/výška na šírku obrazu. Moderné obrazovky pre televíziu s veľkou rozlišovacou schopnosťou majú pomer strán obrazu 16:9. U klasického zobrazovania je pomer strán 4:3.

Ako poznáme v ďalšej kapitole o rozklade televízneho obrazu, udáva počet rozlíšiteľných obrazových prvkov v zvislom smere, počet riadkov na 1 snímok. Z dôvodu obecného nekrytia riadkovania s rovnako jemnou štruktúrou obrazu (jeden riadok biely a druhý

susedný čierny) musí byť počet riadkov väčší, prinajmenšom  $5/4$  z počtu rozlišovaných prúžkov.

Preto u televízie s veľkou rozlišovacou schopnosťou (HDTV) sa uvažuje o celkovom počte riadkov v jednom snímku  $870.5/4 = 1100$  riadkov. Táto nová prenosová sústava sa uplatní hlavne u veľkoplošných tienidiel ( $200 \text{ cm} \times 120 \text{ cm}$ ). U obrazoviek pod 24" ostrosť nevynikne, pretože tu i pri 576 viditeľných riadkoch je riadková štruktúra z predpísanej vzdialenosti ledva znateľná a neruší, pretože riadky presvetľujú susedné medzery a malý rozdiel ich kontrastov je maskovaný celkovým maximálnym kontrastom obrazu [1].

#### 1.7.4 Zotrvačnosť videnia

Je to ďalšia typická vlastnosť oka, ktorú s výhodou používame pri projekcii filmu alebo pri televíznom prenose. Aby oko vnímalo sled jednotlivých obrazov ako plynulý pohyb, musí byť rýchlosť ich zobrazovania najmenej 20 obrázkov za sekundu. I pri tejto podmienke je však tento zdanlivo spojitý pohyb sprevádzaný mihotáním (blikáním), pokiaľ sa frekvencia premietania snímku nezvýši nad 80 obrázkov za sekundu. Dolnú „pohybovú“ frekvenciu ľahko splníme v kinematografii (24) i v televíznej technike (25). Blikaniu pri filme zabránime dvojnásobným až trojnásobným premietaním toho istého obrázku. U televízie je problém zložitejší. V jednotlivých riadkoch sa prenáša obrazová informácia (jas a farba) postupne bod za bodom. Podľa veľkosti prúdu zväzku elektrónov v obrazovke sa vybudia v mieste jeho dopadu luminoformi tienidla do príslušného jasu. Bod zasvitne maximálnym jasom, ktorý musí klesnúť na nulu do okamžiku budúceho zobrazenia toho istého bodu. Oproti filmu, kedy sa celý snímok premietne s konštantnými jasovými pomermi, je sklon k blikaniu u televízneho prenosu väčší. Preto bolo zavedené zobrazovanie s 50 polsnímkami (normy M so 60 polsnímkami), aby sa televízne blikanie zmenšilo. Pojem polsnímok bude vysvetlený neskôr. Teraz si len povieme, že blikanie je tým výraznejšie, čím je priemerný jas väčší a čím je väčší pozorovací uhol (tj. čím bližšie k obrazovke sa pozeráme). Blikanie závisí i na priebehu jasu na zobrazovanom bode (amplitúde a dobe dosvite luminoformu) a v neposlednej rade i na veľkosti plochy obrazovky. Preto sa u moderných veľkoplošných obrazoviek s veľkým jasom blikania zvlášť citlivo uplatňuje a jeho potlačenie sa dosahuje tým, že sa obraz zapíše do pamäti a premietne sa dvakrát rýchlejšie, tj. dva snímky za sebou v rovnakej dobe (televízia 100 Hz) [1].

### 1.7.5 Farebný metamerizmus (metametria)

Už sme poznali, že biele slnečné svetlo je zmesou veľkého počtu spektrálnych monochromatických (jednofarebných) svetiel. Biele svetlo môžeme zložiť i z dvoch, či troch, alebo štyroch rôznych farebných svetiel. Nielen biele, ale každé iné farebné svetlo možno produkovať z rôznych farieb rôzneho, ale presne určitého jasú. Nie je teda nutné pri televíznom prenose reprodukovať presne pôvodné spektrum svetla na strane vysielania, ale vhodný pomer a počet základných farieb. Farebné svetlá vyvolávajúce pri rovnakých pozorovacích podmienkach rovnaký vnem farby, ale majúce iné spektrálne zloženie, sú metamerné. Na metamernom vneme je založený prenos a reprodukcia farebného obrazu. [1].

### 1.7.6 Farebná rozlišovacia schopnosť

Hovorili sme o maximálnej ostrosti videnia, čiže o najmenšom zornom uhle, pod ktorým vidíme dve podrobnosti o rôznom jase v čiernobielym prenose. Ostrosť pre farebné kontrasty dvoch farebných bodov je menší ako pre čiernobiely kontrast. Z veľkej vzdialenosti sa predmet s farebnými detailmi javí ako čiernobiely (viď. Obr. 12). Zmenšovanie farebnej ostrosti (rozlišovacej schopnosti) nieje rovnaké pre podrobnosti medzi rôznymi farbami. Farebné rozlíšenie je väčšie medzi detailmi s oranžovou a modrou farbou ako pri zelených, purpurových podrobnostiach. Tieto nedokonalosti ľudského oka využívame pri farebných prenosoch vo všetkých sústavách [1].



Obr. 12 Strata farebnej rozlišovacej schopnosti u drobných detailov [1].

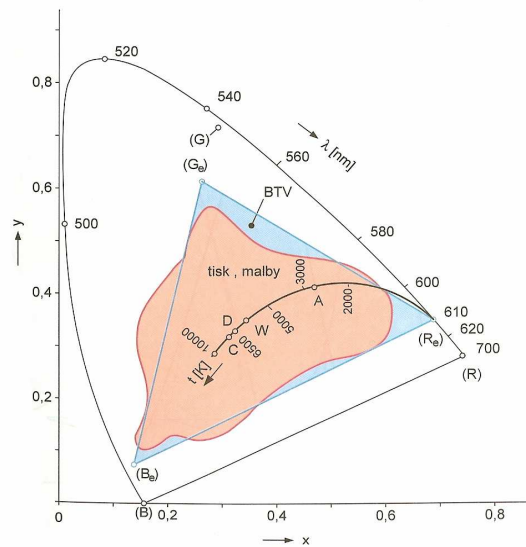
## 2 ZÁKLADNÉ FARBY PRE PRENOS VO FAREBNEJ TELEVÍZII

### 2.1 Voľba farebných svetiel ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ),

Voľbou dvoch farieb a ich rôznym dávkovaním môžeme v diagrame dostať farby ležiace na spojnici oboch pôvodných farieb. Voľbou troch farieb vyplníme všetky tóny a sýtosti farieb obsiahnutých v ploche obmedzenej trojuholníkom s pôvodnými farbami vo vrcholoch. Tri základné reprodukčné farby vo farebnej obrazovke, ktorými svietia drobné fosforové plôšky, by mohli byť volené tak, aby dosiahli čo najväčšiu plochu diagramu MKO (napr. červená 700, zelená 520, modrá 440 nm). Takéto luminoformi s dobrou a pomerne rovnakou účinnosťou možno ťažko vyrobiť a pre jasy červenej a modrej farby, by bola nutná veľká energia (okraje viditeľného spektra). Doterajšia výrobná technika farebných tienidiel umožňuje realizovať tri základné farby určené v diagrame MKO bodmi ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ) (Obr. 13). Tomuto odpovedajú tieto vlnové dĺžky a súradnice:

červená	$x_r = 0,67$	$y_r = 0,33$	$\lambda_r = 610 \text{ nm}$
zelená	$x_g = 0,27$	$y_g = 0,59$	$\lambda_g = 537 \text{ nm}$
modrá	$x_b = 0,14$	$y_b = 0,08$	$\lambda_b = 472 \text{ nm}$

Trojuholník vytvorený z týchto farieb pokryje veľkú časť sýtosti a tónov farieb, ktoré sa v skutočnosti vyskytujú. V hrubých rysoch odpovedá rozsahu tlačiarenských a maliarskych farieb a farieb predmetov (viď. Obr. 13). Farby, ktoré sú mimo trojuholník ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ), nemožno farebnou obrazovkou reprodukovať.



Obr. 13 Základné farby pre prenos farebnej televízie a oblasť dosiahnuteľných farieb; poloha bielych svetiel W, C, D<sub>6500</sub> [1].

## 2.2 Normalizované svetlo C pre farebnú televíziu a trojfarebné členiteľa $r_e$ , $g_e$ , $b_e$

Základné farby pre televíziu ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ) sa vyrovnávajú na normalizované biele svetlo C, ktoré nie je izoenergetické a odpovedá strednému dennému svetlu ( $x_C = 310$   $y_C = 0,316$   $T = 6770$  K).

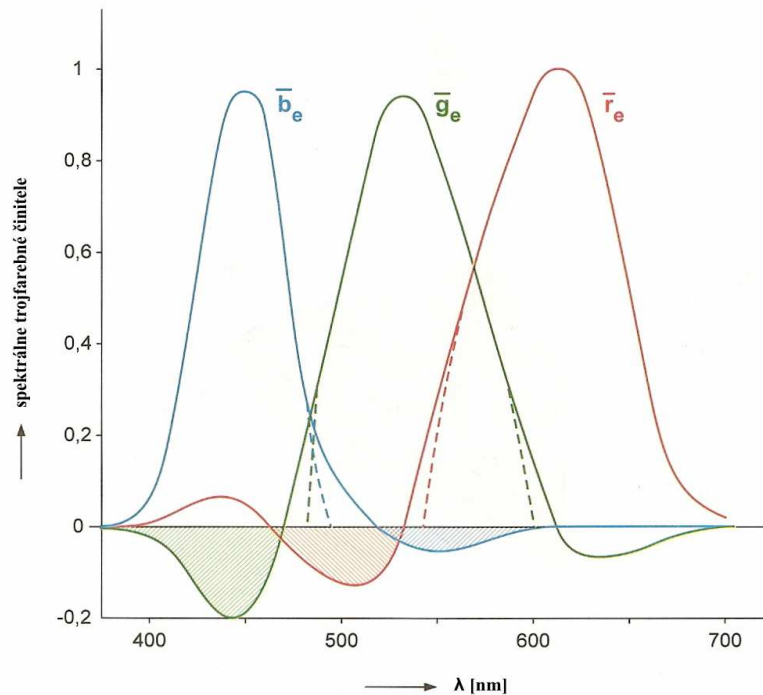
Pre biele svetlo C platia rovnice

$$C = 1(R_e) + 1(G_e) + 1(B_e) \quad (2)$$

Pri tomto vyrovnaní je ľubovoľná farba určená farbovými súčiniteľmi

$$A = R_e(R_e) + G_e(G_e) + B_e(B_e) \quad (3)$$

Pre všetky spektrálne farby o energetickom rozložení, ktoré platia pre biele svetlo C, môžeme stanoviť priebehy spektrálnych farbových členiteľov  $r_e$ ,  $g_e$ ,  $b_e$  pre televízne jednotky ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ) v závislosti na vlnových dĺžkach. Krivky majú záporne časti pre farby ležiace vonku trojuholníka základných televíznych farieb (Obr. 14). Vidíme, že vrcholy sú skoro vyrovnané, pretože základné televízne farby sú posunuté do užšieho vlnového rozsahu.



Obr. 14 Spektrálne trojfarebné činitele televíznych základných farieb ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ) pre spektrálne farby normalizovaného svetla C [1].

Vzťah medzi novými farbovými súčiniteľmi  $R_e$ ,  $G_e$ ,  $B_e$  televíznych základných farieb a súčiniteľmi nesúkutočných základných farieb ( $X$ ), ( $Y$ ), ( $Z$ ) je:

$$X = 0,608R_e + 0,174G_e + 0,200B_e$$

$$Y = 0,299R_e + 0,587G_e + 0,114B_e$$

$$Z = 0,000R_e + 0,0662G_e + 1,112B_e$$

Pri jednotkových farbových súčiniteľoch  $R_e = 1$ ,  $G_e = 1$ ,  $B_e = 1$ , teda pri bielom svetle C, je jas tohoto svetla:

$$Y = 0,299R_e + 0,587G_e + 0,114B_e = 1$$

Z tejto rovnice vidíme, že podiel základných televíznych farieb ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ) na celkovom jase je:

červená 30%

zelená 59%

modrá 11%

Tento vzťah je veľmi dôležitý pre vytvorenie spoločného jasového signálu vo farebnom televíznom prenose.

Krivka citlivosti oka na Obr. 7 odpovedá priebehu trojfarebného členiteľa  $y$  a možno jej priradiť merítka v % jasových príspevkov i základných farieb ( $R_e$ ), ( $G_e$ ), ( $B_e$ ).

Biele porovnávacie svetlá C, D a izoenergetické svetlo W (niekedy označené ako E alebo I) sú vyznačené na Obr. 13 na krivke teplotných zdrojov svetla v závislosti na stupňoch Kelvina. Normalizovanému svetlu A (svetlo wolfrámovej žiarovky) odpovedá teplota 2854 K, svetlu C 6770 K a svetlu  $D_{6500} = 6500$  [1].

### 3 ZÁKLADY TELEVÍZNEHO PRENOSU

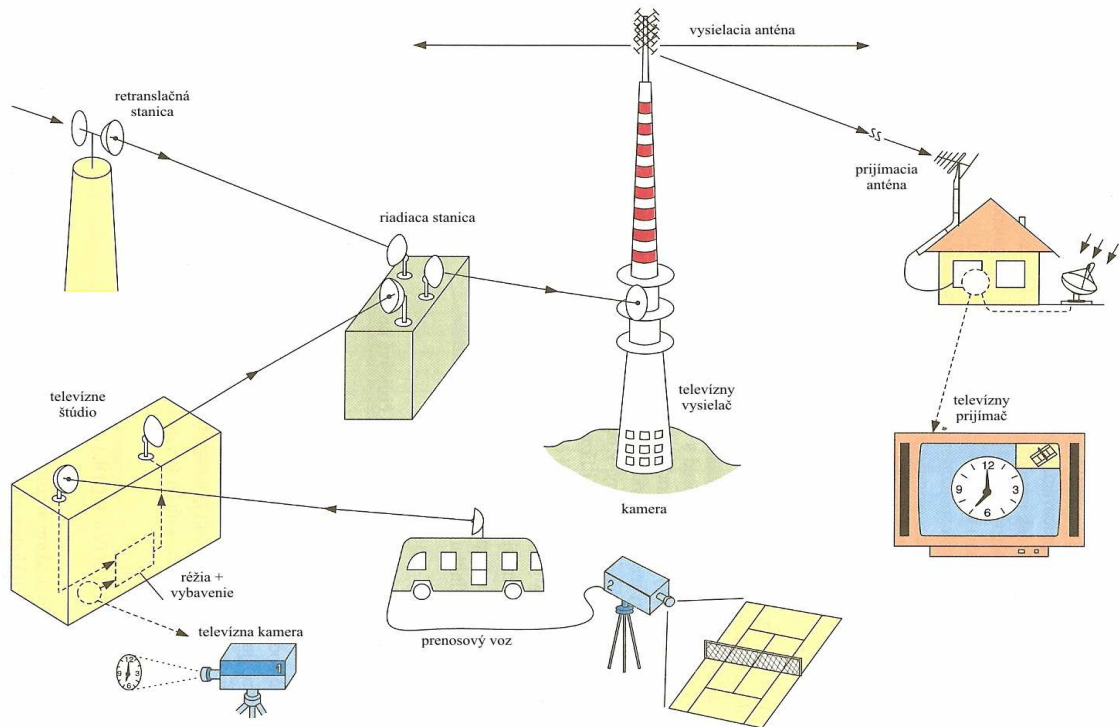
#### 3.1 Vytvorenie televízneho signálu

#### 3.2 Časti prenosovej cesty

Ak ide o malé vzdialenosti, prenáša sa snímaný obraz v podobe elektrického signálu na miesto príjmu po káblových vedeniach. Tak je tomu napr. u priemyselnej televízie (televízia s uzavretým okruhom). Na väčšie a veľké vzdialenosti sa televízny prenos uskutočňuje pomocou elektromagnetického vlnenia, podobne ako rozhlasové vysielanie.

Časový priebeh nosného vysokofrekvenčného signálu sa ovplyvňuje modulačným obrazovým signálom dodávaným napr. televíznou kamerou a ďalej je spracovaný v štúdiu alebo v prenosovom voze (Obr. 15). Zo štúdií sa dostáva televízny signál pomocou smerových spojov na riadiacu (uzlovú) stanicu a odtiaľ na televízny vysielateľ. Riadiaca stanica dostáva televízne signály i z ďalších príspevkových sietí pomocou retranslačných liniek. Elektromagnetické vlnenie sa šíri z vysielacej antény až k prijímacím anténam individuálnym alebo skupinovým, ktoré ich premieňajú na elektrický signál, ktorý je potom spracovávaný v televízore televízneho účastníka. Na tienidle obrazovky vzniká zdanlivo celistvý farebný obraz na základe súčtového miešania farieb od troch svetielkujúcich miniatúrnych zdrojov, ktorých jas sa mení podľa priebehu televízneho signálu [1].





Obr. 15 Princíp televízneho prenosu [1].

Ovplyvňovanie alebo modulácia nosného vlnového signálu môže byť amplitúdová (AM), kmitočtová (FM) alebo impulzová fáza (PSK). Televízny prenos má teda časť snímajúcu zakončenú vysielačou časťou a časť prijímaciu predstavovanú prijímacou anténou a televízorom.

### 3.3 Podstata televízneho prenosu

Pre televízny prenos využívame už spomínané vlastnosti ľudského oka, že vníma dlhodobé podnety ako celok, ak prebiehajú dostatočne rýchlo za sebou. Preto sa v televíznom snímacom zariadení nehybný alebo pohyblivý obraz rozloží na veľký počet bodov o rôznom jase v troch základných farbách (viď. Obr. 9).

Podľa toho, či je obrazový element veľmi jasný, rôzne stredne jasný alebo tmavý, vzniká na každom z troch výstupov snímacieho zariadenia elektrické napätie rôznej veľkosti. Tak napr. pre malú čiernu plošku vznikne na všetkých troch výstupoch napätie 0,01 V, pre malú bielu plošku napätie 0,75 V. Polarita tohoto napätia v ďalšom spracovaní signálu môže byť kladná alebo obvykle obrátená, tj. Záporná [1].

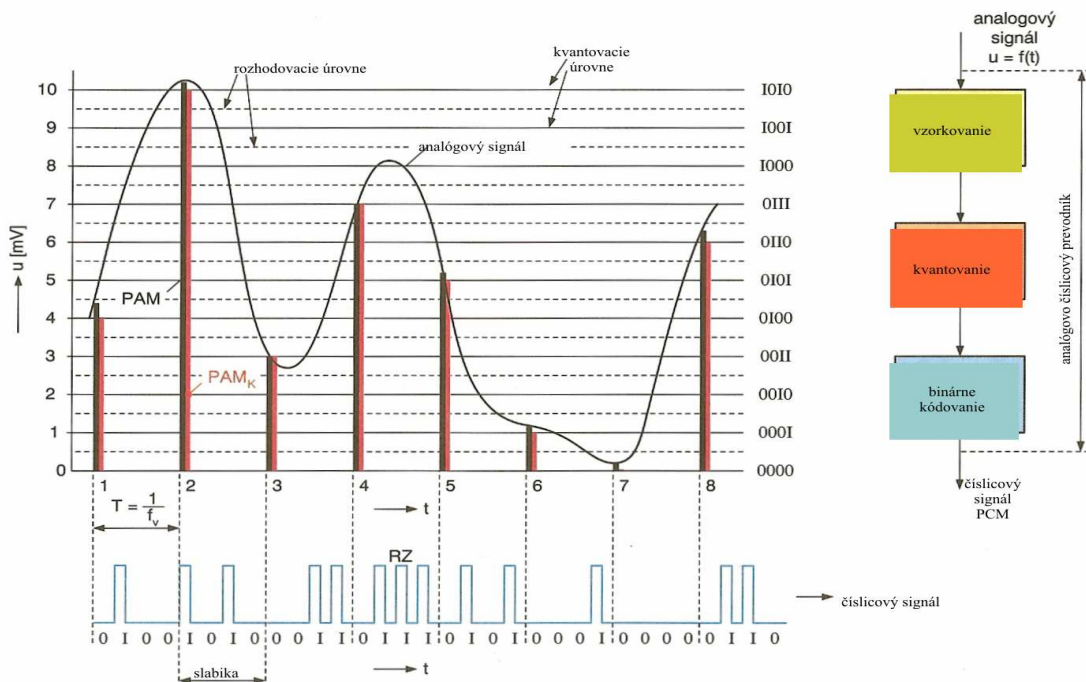
Aby sme sa zoznámili so základnými vzťahmi u televíznej normy, uvažujme pre jednoduchosť, že snímame v štúdiu čiernobiely obraz, napr. film pre pamätníkov. Farebný prenos si vysvetlíme až na základe znalosti skladby jednoduchého televízneho signálu. Pri čiernobielym obraze dodáva farebná kamera na svojich troch výstupoch rovnaký časový priebeh napätia, pretože každý z troch rôznofarebných snímacích zariadení má približne rovnakú spektrálnu citlivosť, odpovedajúcu priebehom trojfarebných členiteľov  $r_e$ ,  $g_e$ ,  $b_e$  pre základné farebné svetlá obrazovky. Zatiaľ ešte nič nevieme o činnosti čiernobielej kamery (napr. priemyselnej televízie). Veľké množstvo obrazových bodov sa v kamere sníma za sebou v riadkoch, ktorých určitý počet vytvorí jeden snímok podobne ako riadky v knihe čítané zľava do prava vytvorí jednu stránku. Rozkladu obrazu odpovedá na každom výstupe snímacieho zariadenia určitý priebeh striedavého napätia. Pritom predpokladáme spojitý priebeh, tj. jeho analógovú podobu a neprihliadame zatiaľ k modernému číslicovému spracovaniu. Rozklad celej plochy sa stále opakuje a získava sa tak časovo premenný napäťový signál. Ako sme už na Obr. 9 predbežne upozornili, odoberá sa tento prvotný (surový) napäťový signál v riadkovom slede z pomocnej pamäte kamery, kde bol uložený „prečítaný“ nábojom na prvkoch CCD.

Výstupný signál predstavuje spojitú analógovú hodnotu (skutočnú veľkosť napätia vo voltoch), kde veľkosti napätia v určitom okamžiku odpovedá určitý svetlý alebo tmavý bod určitej farby snímanej scény (viď. Obr. 16.). Tomu má súčasne odpovedať jas príslušného svietiaceho bodu na tienidle obrazovky. Táto súčasnosť vyžaduje synchronný rozklad obrazu ako v kamere, tak i v televíznom prijímači. V ďalších článkoch poznáme, že tieto úlohy plnia pomocné impulzy pridávané do prvotného (surového) signálu na strane snímacej. Takéto pomocné signály nazývame synchronizačné impulzy [1].

Po režijnom spracovaní v štúdiu sa televízny signál namoduluje na nosnú vlnu (s frekvenciou v GHz) smerového spoja a dopraví sa im cez riadiacu stanicu na výkonný zemský televízny vysielateľ alebo na družicu rozhlasovej služby. Nosná vlna vysielateľov sa moduluje televíznym signálom rôzne. Zemské vysielateľe pracujú doteraz s amplitúdovou moduláciou (AM) uskutočnenú úplným televíznym signálom, vysielateľ na družici pracujúcej s účinnostných dôvodov s frekvenčnou moduláciou (FM). Oba tieto druhy modulácie vykazujú mnohé skreslenia a pri prenose na veľké vzdialenosti sa u nich uplatňujú rušivé napätia a šumy. V budúcnosti sa uvažuje o impulzovej modulácii PCM

nosnej vlny a to s ovplyvňovaním len jej fáze (modulácia QPSK) alebo i amplitúdy (QAM). Tieto druhy modulácie vyžadujú číslicové spracovanie televízneho signálu.

Zvuk sa prenáša zo štúdia na riadiacu stanicu súčasne s obrazom pomocou smerového spoja. Na reprodukčnom zariadení, tj. na televíznej obrazovke sa jeden snímok vytvorí rýchlym zobrazením rôzne svietiacich bodov, a to postupným riadkovaním. Ucelený obraz vzniká krátkou zotrvačnosťou svetielkujúcej látky na tienidlo obrazovky a zotrvačnosťou oka [1].



Obr. 16 Číslicové spracovanie televízneho signálu pre moduláciu PCM; RZ = návrat k nule pri slede bitov 11 [1].

### 3.4 Riadkový raster

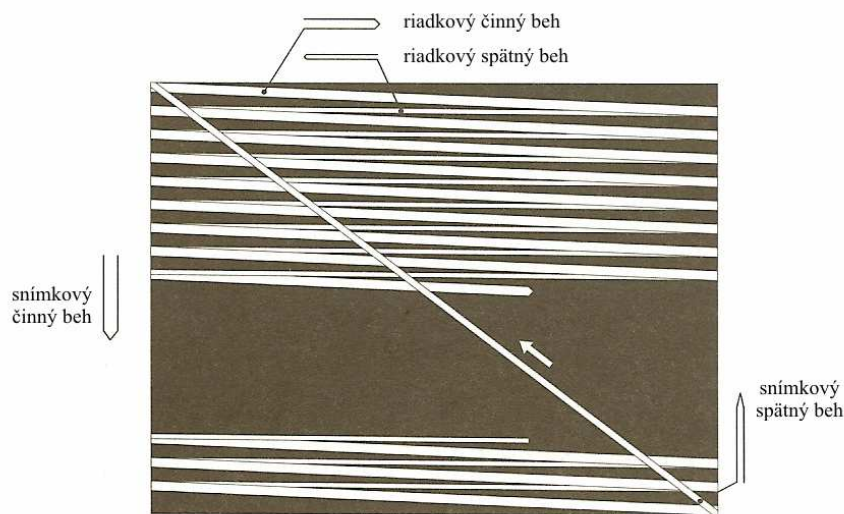
Rýchlosť vytvárania obrazu na snímacích sústavách kamery a na obrazovke televízora, počet riadkov pripadajúcich na jeden snímok a počet snímkou za sekundu je daný dvoma základnými požiadavkami na akosť obrazu.

Oko má svojou zotrvačnosťou za prispenia zotrvačnosti svetielkujúcej látky na tienidlo obrazovky vnímať ucelený obraz podávajúci dojem plynulého pohybu, či ide o prenos informácií postupne bod po bode. Pri tom nemá obraz blikať, zvlášť pri značných jasoch

veľkých plôch. Tejto spoločnej podmienke vyhovuje snímkom minimálne 70 za sekundu, i keď pre vnem plynulého obrazu postačí len 25 snímkom za sekundu.

Druhou podmienkou je dobrá ostrosť obrazu, ktorá by sa mala vyrovnáť ostrosti pri premietaní filmu šírky 35 mm. Vieme, že optimálny pozorovací uhol 14 až 10° (kedy pozorovacia vzdialenosť od obrazu je rovná štvornásobku až šesťnásobku jeho výšky) vyžaduje pri využití maximálnej rozlíšiteľnosti oka 0,5 až 1 uhl'ovej minúty 600 až 1200 riadkov pre jeden snímok [1].

Počet snímkom za sekundu bol v európskych zemiach stanovený na 25 vzhľadom k striedavej energetickej sieti o frekvencii polsnímkového rozkladu, sfázovaná s frekvenciou elektrovodnej siete 50 Hz. V USA a v Japonsku sa z toho istého dôvodu ustálil počet snímkom 30 za sekundu, pretože miestne elektrárne vyrábajú sieťové napätia o frekvencii 60 Hz. Tento stav zostal i naďalej, kedy sa už televízny rozklad neviaže pevne na frekvenciu siete.

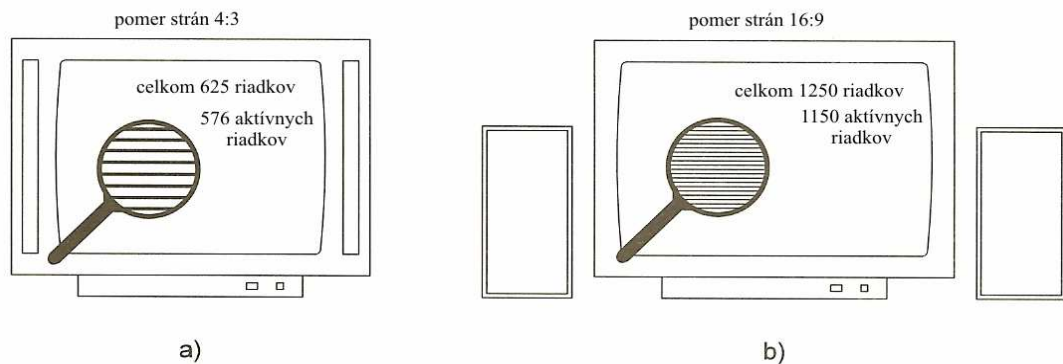


Obr. 17 Rozloženie a vytvorenie obrazu riadkovaním bez prekladania [1].

Americký a japonský spôsob je z hľadiska blikania veľkých jasových plôch priaznivejší. U moderných veľkoplošných obrazoviek a u premietacej televízie tento počet snímkom nevyhovuje a blikanie sa odstraňuje opakovanou reprodukciou jednotlivých snímkom. Podobne činia i v kinematografii. Pre splnenie podmienky plynulosti pohybu stačí premietnuť 24 filmových políčok za sekundu. Blikanie obrazu v kine sa odstráni tým, že sa jedno políčko pripravené k projekcii presvetlenia dvakrát (48 snímkom/s) alebo trikrát (72

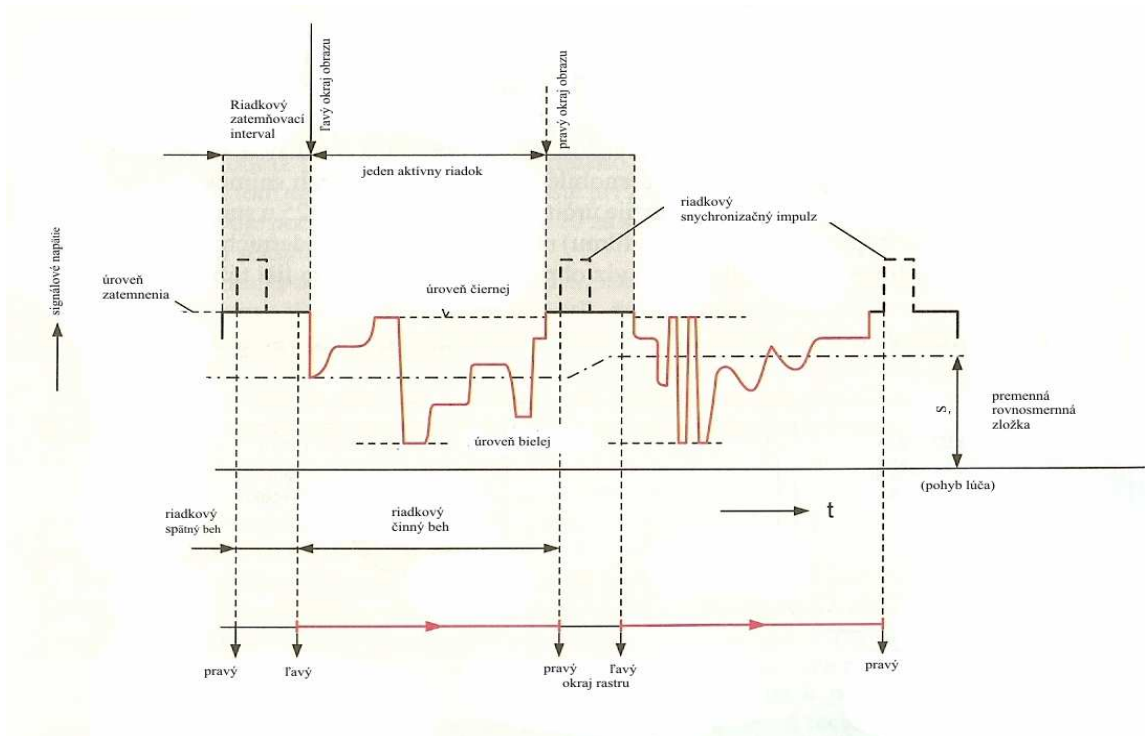
snímkou/s). V televizní prenosové technice je zavedené lineární riadkovanie na rozdiel napr. od špirálového rozkladu a radaru. Pri lineárnom riadkovaní postupujú snímacie i zobrazovacie elektrónové lúče na tienidle zľava doprava priamočiarym pohybom s rovnomernou rýchlosťou a vytvárajú tak jednotlivé riadky. Tomuto deju hovoríme riadkový alebo horizontálny činný beh. Akonáhle lúče dospejú na pravý okraj obrazu, vracajú sa rýchlo späť. Je to riadkový alebo horizontálny spätný beh. Pretože sú lúče podrobené súčasnému pohybu zvislým smerom, ovšem oveľa pomalšiemu, ako riadky činné behom (Obr. 17) mierne sklonené doprava a nasledujúci riadok sa začína i niečo nižšie pod riadkom predchádzajúcim.

Vo farebnej obrazovke riadkujú po tienidle s miniatúrnymi zdrojmi troch farebných svetiel súčasne tri elektrónové lúče. Pre zjednodušenie uvažujeme na Obr. 17 a v ďalších výkladoch dráhu iba jedného lúča tak, ako je tomu u čiernobielej obrazovky. Pre jeden snímok, správnejšie pre snímkový alebo vertikálny činný beh, sa použije určitý počet riadkov napr. 625 u starších televíznych sústav (rozlišovacia schopnosť je menšia ako pri filme) alebo 1250 riadkov u moderných sústav s veľkou rozlišovacou schopnosťou (akosť ako pri filme), vid'. Obr. 18 Obidve sústavy sa tiež líšia pomerom strán obrazu. Akonáhle napíše lúč posledný riadok, vráti sa v snímkovom spätnom behu zdola nahor a keby bola táto doba návratu, čiže snímkového spätného behu rovná riadkovému spätnému behu, bola by dráha snímkového spätného behu uhlopriečkou (vid'. Obr. 17). Snímkový beh nieje však tak rýchly, ako riadkový spätný beh, preto pripadne určitý počet riadkov do snímkového spätného behu a na televízny raster, ako hovoríme riadkom v nezatemnenom snímkovom činnom behu, prípadne menší počet z celkového počtu riadkov [1].

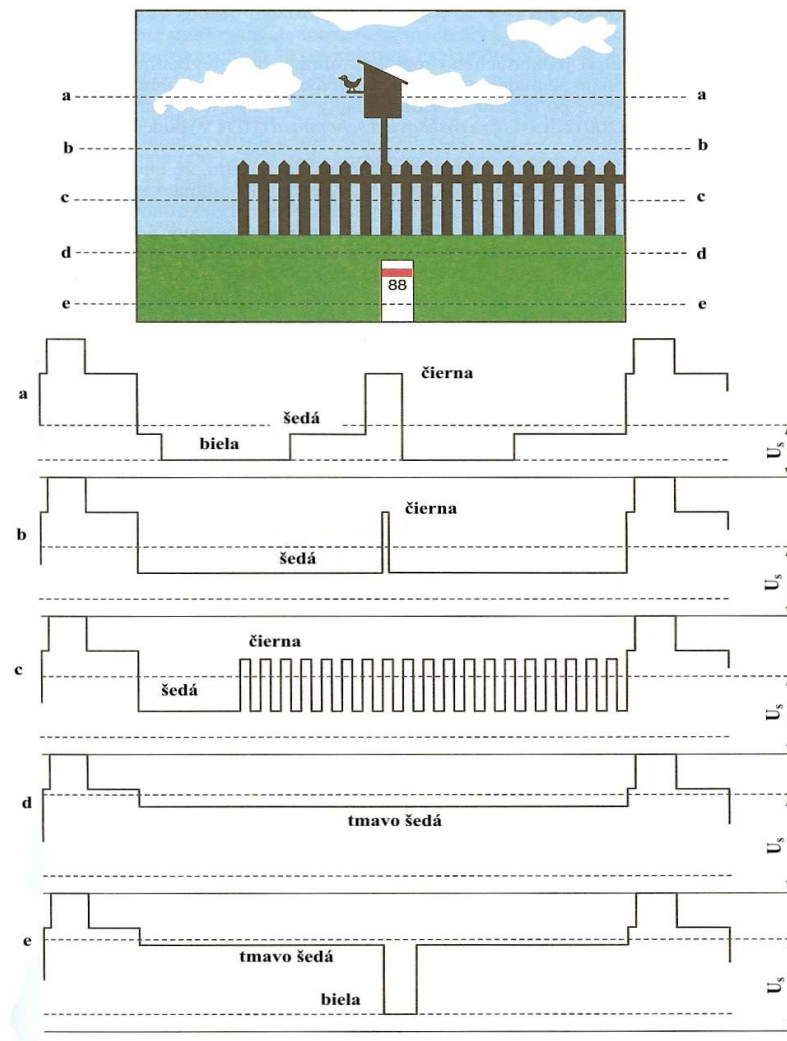


Obr. 18 Rozdiel medzi televízormi s rôznym počtom riadkov pre jeden snímok a) stará sústava s pomerom strán 4:3 a 625 riadkami; b) nová sústava s pomerom strán 16:9 a 1250 riadkami [1].

Z jednej snímacej sústavy kamery vychádza analógový spojitý signál, ktorého veľkosť je premenná s časom. Pre názornosť budeme ďalej používať analógovú formu televízneho signálu, teda pred prevodom na číslicový signál. Zoznámime sa tak lepšie so skladbou signálu a hlavnými parametrami televíznej normy. Obrazový signál z jednej snímacej sústavy kamery pre jeden riadok je znázornený na obr. Riadkový spätný beh trvá určitý čas. Preto sa priebeh obrazového signálu prerušuje úsekom, ktorému hovoríme riadkový zatemňovací interval. Vytvára ho impulz so svojím temenom na úrovni tmavého obrazového prvku. Zatemňovací impulz je nepatrne dlhší ako riadkový spätný beh. Rovnakým spôsobom sa zatemňuje interval, v ktorom nastáva snímkový spätný beh. I tu snímkový impulz zatemňuje časový priebeh televízneho signálu po dobu dlhšiu, ako je trvanie snímkového spätného behu, takže rada riadkov je i v svojich činných behoch zatemnená a môže byť využitá pre iné účely. Obrazový signál má jednosmernú zložku  $S$ , ktorá sa mení v jednotlivých riadkoch podľa skladby obrazu zo svetlých a tmavých miest (viď. Obr.19, Obr. 20) [1].



Obr. 19 Obrazový signál doplnený riadkovými zatemňovacími impulzmi [1].



Obr. 20 Priebehy obrazového signálu v rôznych riadkov snímaného obrazu; priebehom a) až e) zodpovedá rôzna jednosmerná zložka  $U_s$  [1].

### 3.5 Prekladané riadkovanie

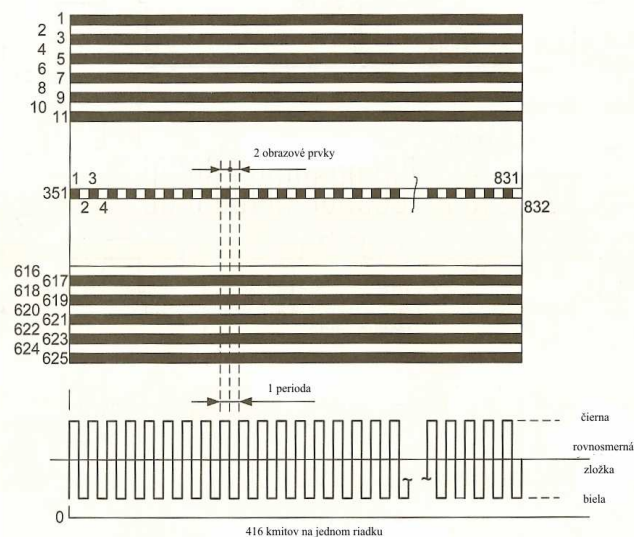
Doterajší výklad veľmi jednoduchého rozkladu obrazu do televízneho rastu bol len výukový. V ďalšom pojednávaní sa budeme zaoberať skutočným rozkladom obrazu a sústav so 625 riadkami na jeden snímok [1].

Pre začiatok si zjednodušíme priebeh televízneho signálu tým, že budeme predpokladať snímanie čiernobieleho obrazu. V tomto prípade vytvárajú všetky tri snímacie sústavy vo farebnej kamere rovnaké signály, ktoré po prenose ovládajú rovnakým spôsobom tri elektrónové trysky vo farebnej obrazovke. Budeme sa zaoberať signálom z jednej tejto snímačnej sústavy a podľa úrovne jasu prevedenej na napätovú úroveň analógového signálu



budeme hovoriť o riadku bielom, čiernom a rôzne šedom. Budeme uvažovať starý klasický pomer strán 4:3 (šírka : výška).

Pohyb snímacích a zobrazovacích lúčov obstarávajú v televíznej kamere i v televízore rozkladové obvody synchronizované synchronizačnými impulzmi. Sú to generátory prúdu, vyrábajúce pílové priebehy, ktorými sa napájajú vychyľovacie cievky v oboch optoelektrických meničoch (kamere, obrazovke). Pílové priebehy vychyľovacích prúdov vytvárajú svojou dlhšou lineárnou časťou obdobie činného behu. Strmá časť patrí spätnému behu. Počet riadkov napísaných za jednu sekundu určuje riadkovú (horizontálnu) frekvenciu. Počet snímok za sekundu pri bežnom neprekladanom riadkovaní by určoval veľkosť vertikálnu alebo snímkovú frekvenciu. Je tomu tak skutočne pri jednoduchých prenosoch priemyselnej televízie alebo pri reprodukcii teletextovej stránky, kedy prekladané riadkovanie pôsobí rušivo.

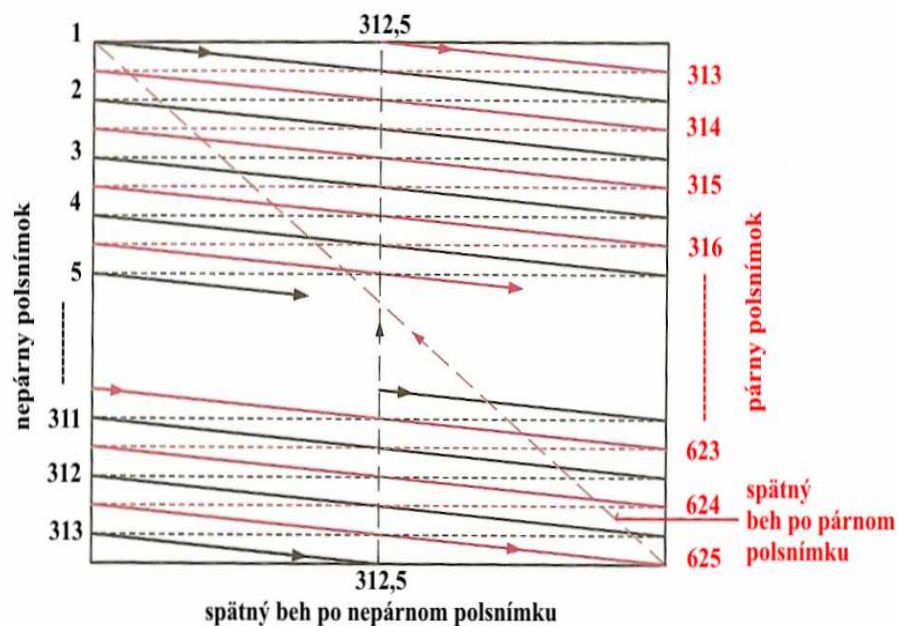


Obr. 21 Maximálne rozlíšenie obrazových prvkov v zvislom a vodorovnom smere pri pomere strán 3:4; riadkovanie nie je prekladané, riadky sú nakreslené tesne vedľa seba [1].

Doteraz uvažovaný spôsob riadkovania (popísaný v) bol z hľadiska televíznej prevádzky a z hľadiska pôvodne uvažovaných normalizovaných širok pásma považovaný za nevhodný, pretože počet riadkov popísaných pri 50 snímkach za 1 sekundu by bol  $50 \cdot 625 = 31\,250$ . Keby body na jednom riadku mali byť rozlíšiteľné tak, ako vo zvislom smere (tj. jeden riadok čierny a nasledujúci biely) bolo by ich u obrazovky s pomerom strán

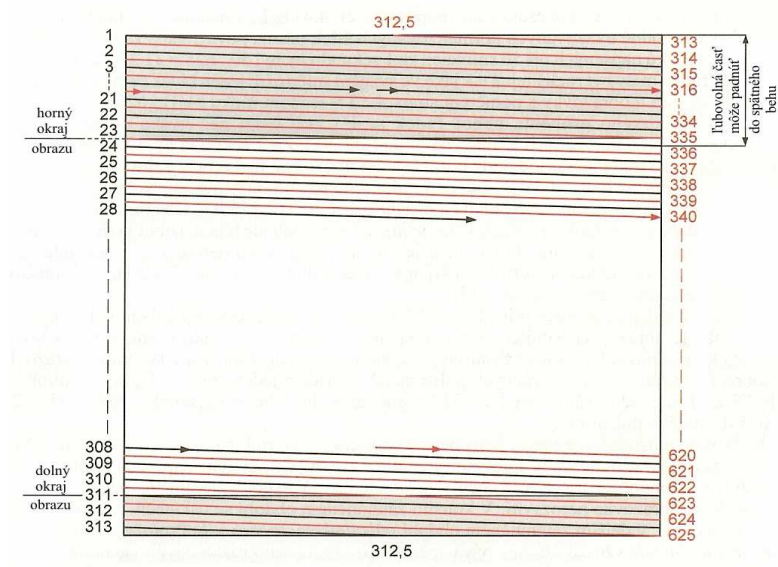
4:3 v jednom riadku (4/3).  $625 = 832$ , tj. 416 periód obdĺžnikového priebehu, pretože riadok je 4/3 krát dlhší ako výška obrazu. Pritom predpokladáme striedanie svetlých a tmavých bodov (Obr. 21). Za jednu sekundu by bolo treba preniesť  $416 \cdot 31\,250 = 13\,000\,000$  periód, teda hornú hranicu prenášanej frekvencie, a tým i potrebná šírka televízneho kanálu by bola 13 MHz. Šírku prenášaného pásma môžeme zmenšiť na polovicu, tj. na 6,5 MHz tým, že rozdelíme 625 riadkov na dva polsnímky o 312,5 riadku. Oba polsnímky do seba zapadajú striedavo svojimi riadkami a vytvoria jeden snímok. Obraz nebude blikať, pretože počet polsnímok rozložených cez celú plochu obrazu zostane 50, ale počet riadkov napísaných za 1 sekundu bude  $50 \cdot 312,5 = 15\,625$ . Odtiaľto je riadková frekvencia horizontálneho rozkladu 15 625 Hz, polsnímková frekvencia vertikálneho rozkladu je 50 Hz.

Pretože na 1 polsnímok pripadá 312,5 riadku, končí jedna sústava polsnímok v polovici dolného okraja obrazu, nasledujúca sústava začína v rovnakej výške ako prvá, ale v polovici horného okraja obrazu. Tým sú obidve sústavy vzájomne preložené (Obr. 22) a na tienidle obrazovky sa zobrazí 625 riadkov v dvoch rôznych polsnímkoch tvoriacich jeden snímok. Úplným snímkom je teda 25 za 1 sekundu. Riadky od 1 do 312,5 počítame do nepárneho polsnímku, riadky od 312,5 do 625 do párneho polsnímku [1].



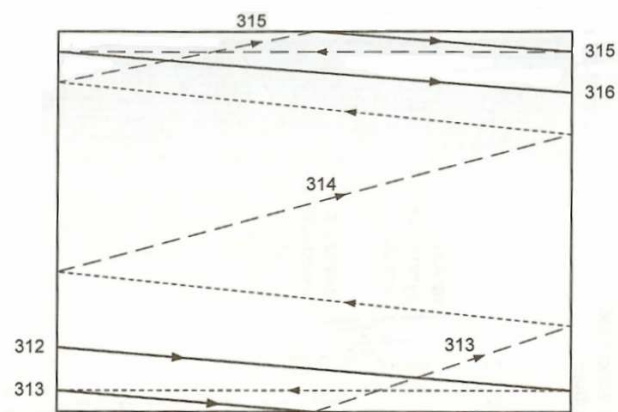
Obr. 22 Prekladané riadkovanie s polsnímkovým spätným behom rovným riadkovému spätnému behu [1].

Riadkové a polsnímkové spätné behy nie sú okamžité, tj. neprebiehajú nekonečne rýchlo. Obraz časovo rozvinutý v body, teda televízny signál s časovo premenným napätím, je prerušovaný zatemňovacím obdobím, určeným zatemňovacími impulzmi. V tú dobu má signálové napätie takú úroveň, že sa obrazovka nerozsvieti. V kratšom zatemnenom období sa uskutoční riadkový spätný beh (vid'. Obr. 19), v dlhšom zatemňovacom období polsnímkový spätný beh. Pretože je polsnímkový zatemňovací impulz vždy dlhší, ako býva spätný beh príslušného rozkladového generátora, sú na obrazovke zatemnené i niektoré riadky (dole a hlavne nahor) v činnom behu (Obr. 23 a Obr. 24 ).



Obr. 23 Rozloženie riadku v zosynchronizovanom snímku; šedým rastrom sú vyznačené polsnímkové zatemňovacie intervaly [1].

Pre zatemnenie jedného polsnímku je normou určených 25 celých riadkov, takže viditeľný celý obraz je zložený len zo  $625 - 2 \cdot 25 = 575$  riadkov. V sústave PAL Plus sa počíta so 576 aktívnymi riadkami, pretože k nim náležia i tzv. signalizačné riadky 23. a 623. V každom polsnímkovom spätnom behu pokračuje riadkové vychýľovanie (Obr. 24). Preto sa lúč pri dokončení oboch polsnímkov vracia z dolného riadku na horný riadok kľukatou čiarou, ktorá vlastne predstavuje polsnímkový spätný beh v podobe činných a spätných riadkových behov postupujúcich opačným smerom, tj. zdola nahor. Tieto riadky nie sú na obrazovke viditeľné, pretože sú zatemnené polsnímkovým zatemňovacím impulzom, ktorý je v televíznom prijímači umelo zväčšený zhášajúcim impulzom [1].



Obr. 24 Skutočná dráha lúča v polsnímkovom spätnom behu medzi nepárnym a párnym polsnímkom [1].

Do činnosti behu riadkov v zatemňovacom polsnímkovom intervale, ktoré predstavujú nevyužitú časť televízneho signálu, sa vkladajú synchronizačné signály, signály meracie, identifikačné a signály pre prenos informačnej služby [1].

## **II. PRAKTICKÁ ČASŤ**

## 4 FUNKCIE A PARAMETRE KAMIER PRE CCTV

### 4.1 Počet pixelov čipu

Udáva počet elementárnych aktívnych bodov čipu CCD, ktoré sa využijú pre snímanie obrazu [6].

### 4.2 Rozlišovacia schopnosť

Počet pixelov je síce jedným z parametrov kamier, ale v praxi sa viac používa údaj o riadkovom rozlíšení. U čiernobielych kamier sa pre štandardné aplikácie používa rozlišovacia schopnosť 370 – 380 bodov na riadok, pre aplikácie, kde je požadované vysoké rozlíšenie detailov sa potom používajú kamery s rozlišovacou schopnosťou 560 – 580 bodov na riadok. U farebných kamier sa považuje za rozlišovaciu schopnosť 320 – 330 bodov na riadok za štandard a 460 – 480 bodov na riadok za vysokú rozlišovaciu schopnosť. Subjektívne vnímanie výsledného obrazu potom ovplyvňujú vlastnosti ľudského oka, takže pozorovateľ vyhodnotí pri rovnakej rozlišovacej schopnosti ako lepší obraz farebný. Pozor na údaj, ktorý sa často objavuje pri uvádzaní rozlišovacej schopnosti kamier, a to počet riadkov. Tento termín je síce zažitý, ale nepresný, pretože sa vzťahuje k horizontálnemu rozlíšeniu. Správne by teda bolo uvádzať počet bodov na riadok. Počet riadkov je totiž pevne daný typom sústavy na 625 (PAL SECAM) alebo 525 (NTSC). V praxi sa tiež používa len termín počet riadkov [2].

### 4.3 Veľkosť čipu

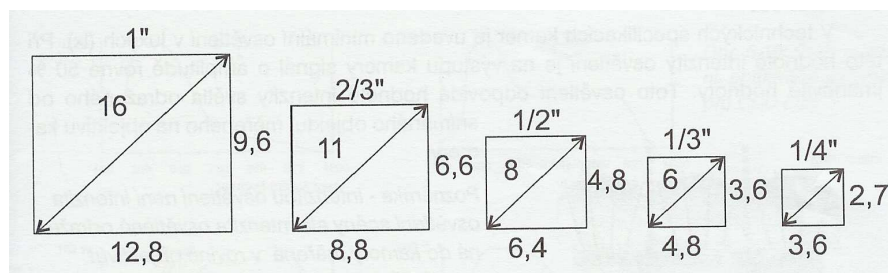
Udáva sa v palcoch a mala by vyjadrovať uhlopriečku aktívnej oblasti čipu. Pretože sa však označenie v palcoch vzťahuje k priemeru skorších snímacích elektróniek nevyjadruje veľkosť v palcoch presný rozmer aktívnej oblasti čipu. Ak by mala snímacia elektrónka priemer  $\frac{2}{3}$ " (16,8 mm), bola uhlopriečka obrazového poľa na tienitku menšia (asi 11 mm). Preto i čipy CCD s uhlopriečkou 11 mm sú označované hodnotou  $\frac{2}{3}$ ". Veľkosť čipu kamery je nutné brať v úvahu pri voľbe ohniskovej vzdialenosti objektívu.

V praxi sa môžeme stretnúť s hodnotami podľa nasledujúcej tabuľky:

Tab. 1 Formáty CCD čipov [6].

Typ	Uhlopriečka [mm]	Šírka [mm]	Výška [mm]
1/6"	3	2,4	1,8
1/4"	4	3,2	2,4
1/3"	6	4,8	3,6
1/2"	8	6,4	4,8
2/3"	11	8,8	6,6
1"	16	12,8	9,6

Konečná hodnota je pravdepodobne na formáte 1/4". Je to dané zákonmi optiky – čím menší čip, tým potrebujeme pre rovnakú veľkosť zorného poľa menšiu ohniskovú vzdialenosť použitého objektívu. Tým sa však začnú viac prejavovať optické nedostatky lacnejších objektívov a dochádza ku geometrickému i k farebnému skresleniu kvôli odlišnému lomu svetla jednotlivých spektrálnych zložiek. Vyrobiť kvalitný objektív s malou ohniskovou vzdialenosťou je náročnejšie a objektív je drahší. Tým je efekt použitia lacnejšej kamery s menším čipom eliminovaný nutnosťou použiť drahší objektív pre rovnakú kvalitu obrazu zobrazenia ako u kamery drahšej s väčším čipom a lacnejším objektívom. Najrozšírenejší je dnes formát 1/3".



Obr. 25 Vývojová rada formátov CCD čipov (rozmery sú v mm) [2].

#### 4.4 Citlivosť

Citlivosť je minimálne osvetlenie v luxoch, pri tejto hodnote intenzity osvetlenia je na výstupe kamery minimálne 50% menovitého signálu.

Toto osvetlenie odpovedá hodnote intenzity svetla odrazeného od snímaného objektu, meraného na objektíve kamery (intenzitou osvetlenia nie je intenzita osvetlenia scény, ale intenzita osvetlenia odrazená do kamery meraná v rovine objektívu).

V poslednej dobe boli parametre u čiernobielych kamier priebežne zlepšované od úrovne citlivosti oka okolo  $1\text{lx}/F\ 1,2$  na hodnoty okolo  $0,1\ \text{lx}/F\ 1,2$  a u farebných kamier od hodnôt okolo  $4\ \text{lx}/F\ 1,2$  na  $0,8\ \text{lx}/F\ 1,2$  u bežných CCTV kamier a u špeciálnych riešení čipov (napr., Exwaved, Hyperhad – SONY) až na  $0,04\ \text{lx}/F\ 1,2$  u čiernobielych kamier a na  $0,4\ \text{lx}/F\ 1,2$  u farebných kamier [6].

Tabuľka 2 zobrazuje vplyv clonového čísla objektívu na citlivosť kamery s objektívom. Je ju možné použiť pre výpočet citlivosti kamery s objektívom o inej svetelnosti, ako je uvedené v technickej špecifikácii, čo nám prakticky udáva minimálne ešte použiteľnú intenzitu osvetlenia meranú na kamere. Tu je potrebné sa mať na pozore pred kúzlením s číslami, lebo uvedené čísla môžu byť podozrivo pozitívne. Niektorí výrobcovia totiž neuvádzajú vo svojich technických špecifikáciách podmienky, za ktorých bola citlivosť meraná a o tejto uvedenej hodnote sa dá povedať, či je parameter skutočne tak dobrý, ako to na prvý pohľad v špecifikácii vypadá.

Tab. 2 Citlivosť kamery s objektívom daného clonového čísla [2].

Clona	Na čípe	F 0,95	F 1,4	F 2,0	F 2,8	F 4,0	F 5,6	F 8,0
<b>Relatívny otvor</b>	-	1:0,95	1:1,4	1:2,0	1:2,8	1:4,0	1:5,6	1:8,0
<b>Multiplikačný faktor</b>	0,1	0,5	1	2	4	8	16	32
<b>Minimálne osvetlenie (lx) - typická čiernobiela kamera</b>	0,03	0,15	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6
<b>Minimálne osvetlenie (lx) - typická farebná kamera</b>	0,15	0,75	1,5	3	6	12	24	48



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

Špecifickým problémom je nasadenie kamier pre nočné snímanie spolu s infrareflektormi. V bežných technických popisoch kamier nie je údaj o citlivosti v IR spektre uvádzaný. Neexistuje žiaden technický predpis, či norma, ktorá by uvádzala konkrétne kritérium pre priame zarovnanie citlivosti kamier a daného infrareflektoru skôr ako navrhne a inštalujeme súpravu do systému. Dôležitá tu je voľba správneho objektívu.

Tab. 3 Typické hodnoty intenzity osvetlenia vo vonkajšom prostredí a v interiéri [2].

<b>Prirodzené svetlo</b>		<b>Intenzita osvetlenia</b>
Slnečný svit pri jasnej oblohe	v júly na poludnie	100 000 lx
	v decembri na poludnie	9000 lx
Denné svetlo pri zatiahnutej oblohe	v júly na poludnie	20 000 lx
	v decembri na poludnie	2 000 lx
<b>Umelé osvetlenie</b>		
Hlavná ulica vo veľkých mestách		7,5 – 30 lx
Ulice, skladovacie plochy		1 - 7,5 lx
Vedľajšie ulice		0,5 – 1,5 lx
Schodištia, nástupištia		7,5 – 15 lx
<b>Pracovné osvetlenie</b>		
Hrubá práca		40 – 60 lx
Stredne jemná práca		80 – 120 lx
Jemná práca		150 – 250 lx
Veľmi jemná práca		300 – 600 lx

## 4.5 Synchronizácia

Spôsob synchronizácie kamery je dôležitý parameter, ktorý je u kamier uvádzaný. Pri zapojení viac kamier v systéme je nutné zaistiť synchronizáciu s ostatnými použitými kamerami v analógovom systéme. Pri prepínaní kamier na monitore a predovšetkým, potom pri analógovom zázname, musia byť jednotlivé signály synchronizované, inak dochádza ku krátkodobým výpadkom obrazu spôsobených tým, že systém musí vyrovnávať fázu medzi novým a predchádzajúcim signálom. Pokiaľ je kamera vybavená iba tzv. internou synchronizáciou, je možné v analógových systémoch použiť len jednu kameru a monitor, poprípade videorekordér. Použitím viacerých kamier s internou synchronizáciou je možné len u digitálnych záznamových zariadení, prípadne analógových s korekciou časovej základne, kde dochádza k digitalizácii obrazu, a k jeho opätovnému prevodu na analógový.

Častým riešením je použitie externej synchronizácie, kedy je ku každej kamere v systéme priradený jednotný synchronizačný signál pomocou ďalšej kabeláže. Je zrejmé, že takéto konštrukcie prinášajú väčšie nároky na kabeláž a tým i vyššie náklady, nehľadiac k tomu, že sa problém nesynchronizácie kamier týmto spôsobom obtiažne rieši v prípade značnej rozdielnej vzdialenosti jednotlivých kamier. Najjednoduchším riešením je použitie kamery so synchronizáciou odovodenou z napájacieho striedavého napätia siete, či už 230 V alebo 12 až 24 V po transformácii. Zdalo by sa, že takéto kamery musia byť pripojené na rovnakú fázu, ale tieto kamery sú však vybavené možnosťou regulácie fázového posuvu synchronizačných impulzov odvodených z rôznych fázy napájania. Tak je možné dosiahnuť minimálnych rušivých signálov vznikajúcich pri prepínaní jednotlivých kamier [6].

## 4.6 Elektronická uzávierka (Shutter)

Umožňuje regulovať množstvo akumulovaného náboja na CCD čipe v závislosti na intenzite osvetlenia, a tým umožňuje použitie lacnejšieho objektívu s ručnou clonou alebo bez clony. Táto funkcia u kamier býva vypínateľná, a to prípadne umožňuje zvoliť ku kamere i objektív s riadeným videosignálom. Regulačný rozsah sa pohybuje od 1/50 s do 1/100 000 s, u moderných digitálnych kamier až do 1/1 000 000 s. Elektronická uzávierka teda prináša do systému niekoľko výhod:

- Automatika neobsahuje žiadne pohyblivé diely, čím sú odstránené kritické prvky z hľadiska dlhodobej spoľahlivosti a odolnosti proti mechanickým vplyvom prostredia,
- hĺbka ostrosti zostáva rovnaká, pretože nedochádza k zmene pevne nastavenej clony,
- možnosť použitia lacnejších objektívov s pevnou clonou,
- rýchlejšie reakcie elektroniky oproti mechanickým systémom riadenia objektívu,
- značne sa redukovujú náklady na údržbu a servis [6].

#### 4.7 Riadiace výstupy kamier

Ide o dôležitú funkciu kamier, pretože v niektorých prípadoch totiž potrebujeme ku kamere pripojiť objektív s automaticky riadenou clonou (Auto Iris). Existujú dva typy:

- Riadenie videosignálom (AI) – objektív z kamery berie len napájanie a časť výstupného videosignálu. Podľa úrovne videosignálu sa objektív rozhoduje, či privrie, alebo či otvorí clonu. Vyhodnocovacia elektronika a mechanická časť servomechanizmu clony je umiestnená v objektíve. Nastavovacie prvky sú na tele objektívu.
- Riadenie jednosmerným napätím (DC) – kamera vyhodnotí úroveň signálu a zmení napätie na riadiacom výstupe na objektív, jeho clona sa pohne požadovaným smerom. Vyhodnocovacia elektronika je umiestnená v kamere a mechanická časť servomechanizmu clony je umiestnená v objektíve. Nastavovacie prvky sú na tele kamery.

Mnohé kamery sú vybavené oboma týmito výstupmi, ich význam vyplynie v ďalšom výklade, kde budeme hovoriť o objektívoch [6].

## 4.8 Zadné ostrenie kamery

Je jemné nastavenie pozície čipu vzhľadom k zadnej stene objektívu. Svetlo vchádzajúce do objektívu je sústredené do ohniska. Ak je ohnisko priamo na ploche čipu, dostaneme ostrý obraz. Ohnisko sa s ostrením objektívu posúva dopredu, či dozadu. Rôzne vzdialené objekty majú rôzne ohniská. Pokiaľ v krajnej pozícii na nekonečno nie je obraz ostrý, znamená to, že je zadná strana objektívu, a teda i ohnisko buď moc blízko, alebo moc ďaleko od čipu. Preto sú kamery vybavené možnosťou zmeniť túto vzdialenosť. To sa deje buď posunutím celej dosky s čipom vo vnútri kamery, alebo zmenou pozície objektívu posunutím úchytu [6].

## 4.9 DSP (Digital Signal Processing)

Je označenie pre kamery, ktoré spracúvajú signál v digitálnej forme. Digitálne spracovanie funguje podobne ako u CD – videesignál je prevedený na číslicové hodnoty 1 a 0 – je napätie a nie je napätie. V digitálnom reťazci, potom už nezáleží na šumoch jednotlivých prvkov, pretože sú rozoznávané len tieto dve hodnoty signálu. Obraz tak môžeme ľubovoľne upravovať bez straty jeho kvality. Na výstupe kamery je však obvykle opäť prevedený na štandardný analógový videesignál [6].

## 4.10 Niektoré funkcie digitálnych kamier

Digitálne spracovanie prináša okrem kvalitnejšieho spracovania videesignálu tiež nové možnosti obvodového riešenia kamerových obvodov. Veľkým prínosom je presnejšie dodržiavanie farebnej vernosti i pri nelineárnej operácii mäkkého obmedzenia signálu. Hodnota gama sa koriguje podľa presne definovaných priebehov, ktoré sa v závislosti na amplitúde signálu čítajú z vyhľadávacích tabuliek v pamäťových obvodoch. Aby všetky signálové operácie prebiehali s požadovanou presnosťou, býva pri spracovaní obrazových signálov vo vnútornej štruktúre kamery často použitý väčší počet bitov. Výrobcom udávané spracovanie signálu je teda 10 alebo 12 bitové, ale vlastné spracovanie vo vnútornej štruktúre kamery býva založené na 14 a prípadne i viac bitoch. Vnútorná štruktúra kamery je pomerne zložitá.

Bežne sa používajú automatizované obvody pre nastavenie a udržiavanie úrovne čiernej, vyváženie bielej a pre automatické nastavenie clony. Udržiavanie úrovne čiernej pre CCD

prvky využíva okrajových buniek svetlocitlivej oblasti zakrytých maskou proti prístupu svetla, vzniká tak stála referenčná úroveň pre všetky kanály (RGB) a ich vyvážením za prevádzky. Obvody automatiky vyváženia bielej trvale vyhodnocujú a nastavujú amplitúdu signálu v červenom (R) a modrom (B) kanále voči zelenému (G).

#### 4.10.1 Korekcia gama

Snímacie prvky CCD majú lineárnu prevodovú charakteristiku, nekompensujú teda nelinearitu farebnej televíznej obrazovky. Nekompensovaná nelineárna prevodová charakteristika obrazovky by okrem skresleného podania gradačnej stupnice spôsobila i farebné skreslenie zobrazovaných signálov. Podstatou korekcie gama je presne definovaná nelineárna prevodová charakteristika korekčného obvodu, takže činiteľ jeho prenosu závisí na okamžitej amplitúde obrazového signálu.

Gama priebeh charakterizuje vyváženie podielu čiernej a bielej v obraze. Svojím spôsobom ovplyvňuje i kontrast výsledného obrazu. Štandardná hodnota priebehu gama je 0,45. V skutočnosti táto hodnota obraz toľko nezačierňujem, skôr koriguje charakteristiky CCD čipu. Zároveň však dodáva výslednému obrazu dostatočný kontrast. Priebeh gama 1,0 nieje nijako neupravovaný priebeh [6].

#### 4.10.2 Mäkké obmedzenie

Mäkké obmedzenie na úrovni bielej umožňuje spracovanie obrazu s veľkým kontrastom. nad určitou prahovou hodnotou v oblasti 80% obrazového signálu začína činnosť rozlíšiteľnej obrazovej podrobnosti. Prahová hodnota obmedzenia pritom môže kolísať v závislosti na celkovej výstupnej amplitúde signálu tak, aby výsledná najvyššia úroveň obrazového signálu nepresahovala 100%. Obvody mäkkého obmedzenia umožňujú spracovávať signály odpovedajúce úrovni osvetlenia až do 600% najvyššej úrovne obrazového signálu, čo predstavuje približne medznú hodnotu rozsahu lineárnej prevodovej charakteristiky CCD snímačov [6].

#### 4.10.3 Aperturová korekcia

Upravuje útlmovú charakteristiku a zdôrazňuje vyššie kmitočtové zložky bez ovplyvnenia fázovej charakteristiky. Prejavom aperturového skreslenia je pokles amplitúdy vyšších kmitočtových zložiek, a tým zmenšenie rozlišovacej schopnosti obrazu. Vo vodorovnom

smere sa zhoršuje reprodukcia malých obrazových podrobností, v obrazovom signále sa znižuje amplitúda, kontrast a strmosť hrán signálových prechodov. Vo zvislom smere sa uplatňuje nespojitá štruktúra riadkového rastru. Aperturová korekcia sa väčšinou zaraďuje len do zeleného (G) kanála kamery, tak aby sa nadmerne nezvyšoval šum v obrazovom signále [6].

#### **4.10.4 Automatické nastavenie clony**

Býva často zdrojom problémov pri snímaní scény s veľkým kontrastom alebo pri nevhodnom osvetlení, čo sa stáva pri snímaní vo vonkajšom prostredí. Môže nastať preexponovanie malých predmetov s veľkým jasom alebo naopak podexponovanie obrazu zdrojom svetla v zábere kamery. Účinný systém automatického riadenia clony si rozdeľuje snímanú plochu na niekoľko oblastí, z ktorých každá má pri vyhodnocovaní jasu obrazu a pri stanovení výslednej expozície (clony) inú váhu. Činnosť obvodu je založená na vážení hodnôt jasu scény vo väčšom počte oblastí, vyhodnotenie jasu odpovedá buď špičkovým alebo stredným hodnotám [6].

#### **4.10.5 Zaoštrovacie systémy**

Môžeme rozdeliť na aktívne a pasívne. Aktívne systémy vysielajú vlastné meracie signály (ultrazvukové vlny alebo infračervené lúče) a vyhodnocujú ich po odraze od predmetov pred kamerou. Pasívne systémy SST (Solid State Triangulation = zameriavanie integrovanou polovodičovou technikou), TCL (Through Camera Lens = objektívom kamery) a zaoštrovanie s piezoelektrickým kryštálom využívajú len svetlo vstupujúce do kamery.

V obvode kompenzácie rozptylového svetla sa zaisťuje stabilná úroveň čiernej pri zmenách nastavenie clony a pri premenných úrovniach signálu. Rozptylové svetlo (obraz od jednotlivých predmetov) v optickej sústave kamery má za následok nesprávnu hodnotu stredného jasu snímača obrazu, čím sa skresľuje správna úroveň čiernej snímaného obrazu [6].

#### **4.10.6 Kompenzácia protisvetla (BLC)**

Obvod k eliminácii protisvetla (BLC) dokáže čiastočne vylúčiť dôsledky nevhodného umiestenia kamery so silným zdrojom svetla v zornom poli kamery. Obvod k eliminácii

protisvetla navyac umeznuje nahradit' v snimanej scene jasne casti od urcitej urovne bielej ciernou (vymaskovanie na obrazovke monitora – inverzia bielych špičiek). BLC je skratka pre anglický termín Black Light Compensation – kompenzácia zadného svetla. Inými slovami, ak sa nachádza v zábere kamery nejaká veľmi jasná plocha (napríklad, ak kamera hľadá proti oknu, či dverám), kamera je schopná toto svetlo kompenzovať, a to voči objektom, ktoré sú pred spomínanou bielou plochou. V praxi to vypadá tak, že s najväčšou pravdepodobnosťou kamera detekuje veľmi silný zdroj svetla, ak ho nenájde, upraví dobu automatickej elektronickej uzávierky a súčasne i priebeh gama. Tým docieli toho, že je svetlá plocha trocha presvetlená, nič menej sledované majú byť predmety tmavšie, a tie sú prekvapivo zobrazené naozaj tak, že „im je vidieť do tváre“. Ak namierime dve kamery proti oknu, a tieto dve kamery necháme zobrazit' vedľa seba pomocou kvadrátora, máme možnosť pozorovať rozdiel. Zatiaľ, čo kamera bez BLC zobrazuje hlavne siluety postáv a šedo biele pozadie, kamera s BLC zobrazí silno biele pozadie a prekreslené postavy [6].

#### **4.10.7 AWB – Automatic White Balance**

Vyváženie bielej, (Automatic White Balance) je funkcia, ktorá u kamery zaisťuje správne podanie farieb. Môže sa totiž stať, že ak bude v obraze prevažovať nejaká základná farba (napríklad zelená), tak bude výsledný obraz celý, tak trochu do zelena, pretože elektronika kamery nastaví podľa prevažujúcej plochy a skreslí tak farby minoritných objektov. Vyváženie biele zaisťuje korekcia tohto javu. Trasovanie (vyhľadávanie) vyváženie bielej je zdokonalená funkcia AWB. Pri spracovaní signálu je hľadaná v obraze kamery plôška, ktorý by mohla byť biela (obvykle je spoľahlivo určená a použitá). Podľa tejto plôšky (preto vyhľadávacia) sa potom prevedie nastavenie pomeru všetkých ostatných farieb. To je potrebné pre udržanie vysokej kvality a ostrosti farebného obrazu [6].

## 5 OBJEKTÍVY

Objektív je samostatná súčasť, ktorá je namontovaná na telo vlastnej kamery. Objektív zobrazuje zorné pole na snímací prvok kamery a upravuje svetelné a optické podmienky pre snímanie.

Hlavnými parametrami, ktoré musíme pri výbere zohľadniť sú:

- Ohnisková vzdialenosť,
- clona,
- hĺbka ostrosti
- možnosť nastavenia clony a ohniskovej vzdialenosti,
- spôsob uchytenia k vlastnej kamere,
- aplikácia objektívu na kamery s ohľadom na formát.

### 5.1 Ohnisková vzdialenosť

Vzťah medzi veľkosťou snímaného predmetu a jeho vzdialenosti od kamery k vzdialenosti medzi šošovkou a snímacím prvkom. V tomto vzťahu musí byť taktiež zohľadnený i uhol záberu. Potrebná ohnisková vzdialenosť sa dá vypočítať zo vzťahu z optiky, ktorý platí pre šošovku (zobrazovacia rovnica):

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

Pri vlastnej montáži sa však najčastejšie používa niektorý zo spôsobov vychádzajúcich z praxe a skúseností technikov. Patrí sem používanie jednoduchých programov na počítači, ktoré potrebné hodnoty podľa zadaných kritérií vypočítajú, odčítaním hodnôt z tabuľky, ktorú si firmy pre tieto účely odvodzujú z uvedeného vzťahu, alebo tzv. „manuálna“ voľba ohniskovej vzdialenosti, kedy technik ohniskovú vzdialenosť nastaví na objektíve s ručne premennou ohniskovou vzdialenosťou, a obraz okamžite kontroluje na monitore, alebo má niekoľko objektívov s rôzne pevne nastavenou ohniskovou vzdialenosťou, a postupným výberom, pri sledovaní na monitore vyberie vhodný objektív. Ďalej je možné použiť



„kukátko“, ktoré umožní pohľad cez objektív s ručne nastaviteľnou ohniskovou vzdialenosťou a odčítanie jej hodnôt na stupnici [6].

## 5.2 Optický ZOOM

Je schopnosť objektívu pomocou motorového pohonu meniť plynulo svoju ohniskovú vzdialenosť. Je to možnosť ako skutočne približovať opticky vzdialené predmety bez straty rozlíšenia oproti digitálnemu ZOOMu. Digitálny ZOOM síce dosahuje ďaleko väčších hodnôt zväčšenia, ale na úkor rozlíšenia. Pracuje totiž na princípe zväčšenia výrezu a pre výsledný zväčšený obraz je použité menšie množstvo snímaných bodov. Pri väčších hodnotách digitálneho zväčšenia tak dochádza k tzv. „kockovaniu obrazu“. U bežne používaných objektívoch v CCTV býva optický ZOOM do hodnoty 20x [6].

## 5.3 Clona

Zmenou vstupného priemeru otvoru clony je možné regulovať množstvo svetla, ktoré dopadá na snímací prvok, a tým prispôbiť objektív rôznym svetelným podmienkam v nasadení. Clonové číslo je dané podielom ohniskovej vzdialenosti k priemeru vstupnej pupily.

$$k = \frac{f}{d} \quad (5) \text{ , kde}$$

k – clonové číslo,

f – ohnisková vzdialenosť

d – priemer vstupného otvoru clony

Clonové čísla sú radené do geometrickej rady so súčiniteľom 1, 41, kde každé vyššie clonové číslo spôsobí, že na snímací prvok dopadá polovičné množstvo svetla, ako u predchádzajúceho clonového čísla. Číslo uvedené výrobcom na objektíve obvykle značí clonové číslo pre clone otvorenej na maximum. Čím kvalitnejší objektív, tým menšie clonové číslo. Normalizovaná rada clonových čísiel je:

1      1,4      2      2,8      4      5,6      8      11      16      22      32

Ak má byť zaručený široký rozsah snímania od úrovne priameho slnečného svitu do úrovne limitovanej vlastnou citlivosťou kamery a clonovým číslom objektívu je nutné použiť objektív s automatickým riadením clony [2].

## 5.4 Hĺbka ostrosti

Je rozsah, v ktorom sú predmety zobrazené s ešte prijateľnou stratou rozlíšenia detailov, to znamená, že sú dostatočne ostré. V konkrétnych prípadoch ide o dosť subjektívny parameter, ale obecné platí, že predmety sa javia ostro v nejakej hĺbke zobrazenia, pričom platí, že ostro zobrazené predmety ležia v jednej tretine hĺbky ostrosti pred bodom ideálneho zaostrenia a do vzdialenosti dvoch tretín hĺbky ostrosti za bodom ideálneho zaostrenia.

Tento parameter je závislý na:

- Ohniskovej vzdialenosti,
- stavu otvorenia clony.

Problémy s ostrosťou nastávajú pri zmene spektrálneho zloženia osvetlenia scény, teda hlavne pri snímaní za denného svetla i pri umelom osvetlení. Keďže je optická ostrosť závislá na ohniskovej vzdialenosti i stavu otvorenia clony, nikdy nevolíme objektív s pevne nastavenými parametrami pre kamery, ktoré snímajú pri rôznych svetelných podmienkach, meniacich sa v čase. Navyše pokiaľ je v nočnej dobe použité prísvetlenie snímanej scény infračerveným reflektorom, dochádza k tomu, že k rozostreniu obrazu najviac prispeje infračervené žiarenie s vlnovou dĺžkou na 1000 nm, ktorého lom v optickej sústave je už príliš rozdielny od lomu svetla viditeľného spektra. Pre takéto aplikácie je nutné používať objektívy, ktoré majú na povrchu šošoviek naparenú vrstvu špeciálneho materiálu, ktorý zamedzuje prieniku infračerveného žiarenia nad medz s uvedenou vlnovou dĺžkou. Tieto objektívy sú označované ako IR [6].

## 5.5 Možnosti nastavenia clony a ohniskovej vzdialenosti

Vzhľadom k regulácii clony sa objektívy dodávajú vo variantách:

- Bez clony,
- s ručne nastaviteľnou clonou (otáčaním danej časti na objektíve),
- s videosignálom riadenou clonou (automatická regulácia podľa úrovne bielej vo videosignále),
- s clonou riadenou napätím (DC – galvanometrický princíp clony),
- pre extrémne veľký dynamický rozsah s riadenou clonou (AI alebo DC) a neutrálnym šedým filtrom.

Vzhľadom k nastaveniu ohniskovej vzdialenosti sa objektívy dodávajú vo variantách:

- Pevne nastavená ohnisková vzdialenosť z výroby,
- s ručne nastaviteľnou ohniskovou vzdialenosťou (otáčaním danej časti na objektíve),
- s motoricky nastaviteľnou ohniskovou vzdialenosťou (ovládanie najčastejšie z miesta sledovania na monitore).

Pre jednotlivé kombinácie typov objektívov sa používajú užité názvy:

Tab. 4 Vybavenie objektívov [6].

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

premenná (motoricky)	premenná (motoricky)	motorzoom
premenná (motoricky)	premenná (galvanometricky)	DC motorzoom

## 5.6 Spôsob uchytenia objektívu ku kamere

V technickej špecifikácii každého objektívu je označenie C (normalizovaný odstup roviny čipu od roviny zadnej šošovky objektívu 17, 52 mm) alebo CS (normalizovaný odstup roviny čipu od roviny zadnej šošovky objektívu 12,526 mm) uvedené, pre aký štandard je objektív určený. Moderné kamery strednej a vyššej triedy majú často prednastaviteľnú kulisu CCD čipu a tým i možnosť namontovať objektív oboch uvedených štandardov, poprípade sú uskutočnené v štandarde CS s medzikružkom o hrúbke 5 mm v príslušenstve.

## 5.7 Aplikácie objektívu ku kamere s ohľadom na formát

Formát je parameter, pre ktorý sú spočítané snímacie uhle. V zásade možno pre kameru určitého formátu použiť objektív rovnakého alebo väčšieho formátu. Formáty sa udávajú v palcoch.

## 5.8 Špeciálne objektívy

Medzi špeciálne objektívy používané v CCTV patrí, tzv. prevedenie „pinhol“. Tieto objektívy s priemerom vstupnej pupily okolo 1 mm majú dve hlavné oblasti použitia:

- V prípadoch nutnosti skryté montáže kamery, a to predovšetkým z operatívneho hľadiska,
- v prípade potreby ochrany kamery pred vandalizmom,
- v technologických procesoch s vysokou teplotou okolia, kde je nutné použiť objektív s čo najmenšou plochou.

Tieto objektívy však nedisponujú takými funkciami ako umožňujú objektívy normálneho prevedenia (zmena clony, ohniskovej vzdialenosti). Používajú sa často u tzv. doskových

kamier, ktoré majú na jednej doske plošných spojov osadené všetky súčiastky vrátane čipu CCD. Veľkosť takejto dosky je od 2x2 do 5x5 cm [6].

## 6 PRINCÍP CCD PRVKOV

### 6.1 Nábojovo viazané prvky (Charge Coupled Devices – CCDs)

Nábojovo viazané prvky síce vznikli ako experimentálne počítačové pamäte, ale ich schopnosť premieňať svetlo na elektrický signál z nich urobila najlepšie známe detektory svetla. Základný princíp práce CCD je pomerne jednoduchý – prichádzajúce svetlo vytvára v polovodiči elektrický náboj (elektróny). Elektróny sa nemôžu voľne pohybovať po čipe, pretože na čipe sú vytvorené zvislé negatívne potenciálové valy (odpuďujúce elektróny). Systém vodorovných elektród, i s negatívnym nábojom vytvárajú na čipe mriežku tzv. „potenciálových studní“, z nich elektróny nemôžu uniknúť. Každá potenciálová studňa vytvára , reprezentuje jeden obrazový bod (tzv. pixel), teda najmenší štvorček obrazu. Počet pixelov v horizontálnom a vertikálnom smere rovnako ako veľkosť pixelu tvorí jednu z najzákladnejších charakteristík CCD čipu. Pixely vystavené väčšiemu množstvu svetla naakumulujú viac elektrónov a naopak. Jedna zo základných výhod CCD čipov v porovnaní s ľudským okom, je schopnosť akumulácie náboja po dlhú dobu, CCD tak môžu postupne nahromadiť dostatok svetla i z veľmi slabých svetelných zdrojov.

Ako už bolo povedané, CCD čip je pokrytý sieťou elektród, ktorá udržuje svetlom uvoľnené elektróny v pixeloch. Ale štruktúra elektród je trochu komplikovanejšia, pokiaľ sa na elektródy privedie rôzne napätie, elektróny môžu byť „prelievané“ z jednej nábojovej studne do susednej. Tak je možné náboj posúvať po ploche čipu. Tento proces je používaný, keď je potreba informáciu z CCD čipu čítať. Balíky elektrónov, reprezentujúce jednotlivé pixely, sú posúvané do výstupného zosilňovača, kde je elektrický náboj prevedený na napätie. Toto napätie sa objaví na výstupnom píně CCD čipu. Elektronika kamery, potom musí toto napätie zmerať (previesť na číslo pomocou A/D prevodníka, anglicky Analog/Digital Converter – ADC) pre každý pixel. Informácie o náboji akumulovaného v každom pixely ( a teda o množstve svetla, ktoré do každého pixelu dopadlo) tvorí dátový súbor reprezentujúci obrázok [6].

## 6.2 Farebný obraz

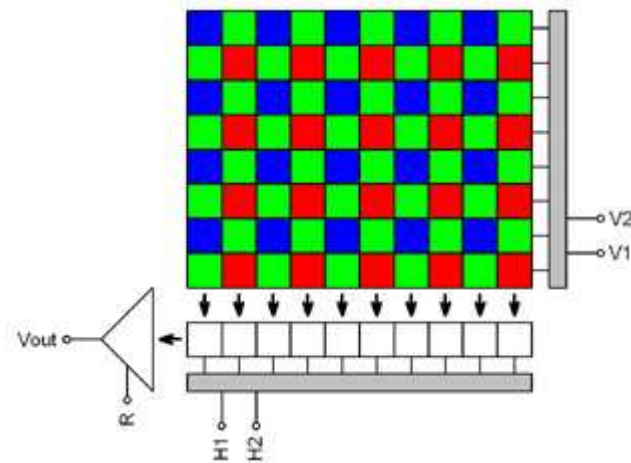
Aby sme vytvorili farebný obraz, potrebujeme snímať zvlášť v troch farbách, obvykle v červenej, zelenej a modrej, ale CCD snímač je citlivý na všetky farby a dokonca zasahuje mimo viditeľné spektrum do blízkej infračervenej oblasti. K detekcii len požadovanej farby je teda potrebné svetlo filtrovať.

V princípe možno filtre k vytvoreniu farebného obrazu použiť dvoma spôsobmi:

- Je možné exponovať samostatné snímky s monochromným čipom cez červený, zelený a modrý filter. Expozícia farebného obrazu týmto spôsobom chvíľu trvá (je nevyhnutné meniť medzi expozíciami filtre), takže tento princíp nemožno použiť u rýchlo sa pohybujúcich objektoch,
- je tiež možné aplikovať filtre priamo na CCD pixely. Farebný obraz je potom možné získať jedinou expozíciou. Nevýhodou je, že rozlíšenie a citlivosť takéhoto CCD čipu v porovnaní s monochromným je nižšia.

Obe riešenia majú svoje výhody a nevýhody, a oba spôsoby sú používané v rôznych situáciách. Všetky video kamery, digitálne fotoaparáty, webové kamery a pod. používajú detektory s farebnou maskou. Prvé farebné CCD snímače pracovali s celým stĺpcom pixelov zakrytým jednou farebnou maskou – prvý stĺpec bol červený, druhý zelený a tretí modrý, štvrtý bol opäť červený, atď. Obrazový bod s úplnou farebnou informáciou bol vytvorený z troch susedných pixelov. I keď pixely u takýchto čipov boli pretiahnuté do výšky, predsa len bolo vodorovné rozlíšenie takéhoto čipu obmedzené [6].

Dnešné farebné CCD čipy používajú tzv. Bayerove masky. Táto maska kryje jednotlivé pixely rôznymi filtrami vo vzore šachovnice Obr. 26:

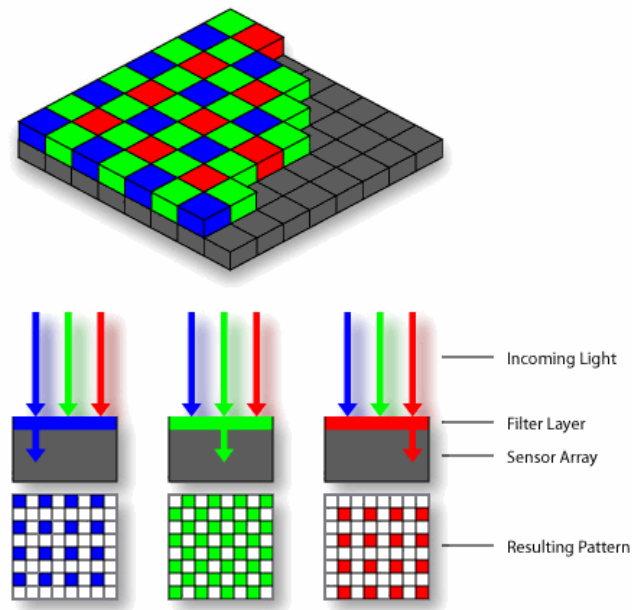


Obr. 26 Farebný CCD čip s Bayerovou maskou [6].

Spracovanie obrazu z farebného čipu spoľieha na skutočnosť, že ľudské oko je oveľa viac citlivejšie na zmenu jasú ako na zmenu farby (rovnako ako bežný televízny signál, ktorý prenáša farebnú informáciu len s  $\frac{1}{4}$  pásma v porovnaní s jasovou informáciou). Bayerova maska takmer zachováva rozlíšenie čipu v jasovej zložke – je ju možné dopočítať pre každý pixel z farebnej informácie okolných pixelov, len s veľmi malou chybou. Farebná informácia je pre každý pixel dopočítavaná tiež z okolných pixelov už so znateľne väčšou chybou, to ale ľudskému oku nevaďí.

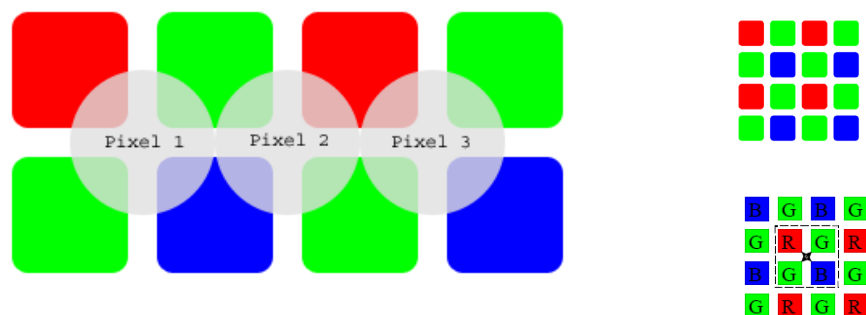
K získaniu informácie o farbe sa používa jednoduchý trik spočívajúci v skladbe svetla. Už poznáme, že akúkoľvek farbu sme schopný získať zložením troch základných zložiek, červenej, zelenej a modrej. Ich vzájomným pomerným zastúpením potom dostaneme akúkoľvek farbu svetelného spektra. Ako ju dosiahneme na CCD snímači?





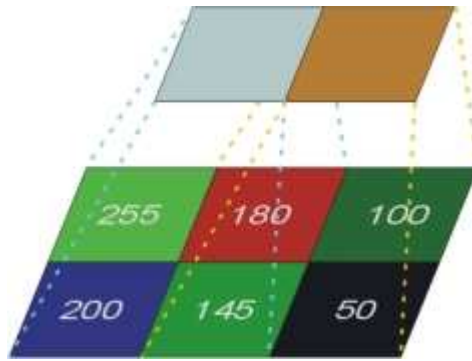
Obr. 27 Rozloženie farebných filtrov CCD snímača [6].

Tak, že pred každým elementom je vložený farebný filter, a jeho možné usporiadanie je znázornené na Obr. 27 a na Obr. 28. Z praktických dôvodov sa elementy skladajú do štvoríc, takže jeden farebný filter musí byť zastúpený dvakrát - voľba padla na zelený filter, takže zelené svetlo je snímané dvojnásobným počtom pixelov, ako zostávajúce dve zložky (červená a modrá). Toto usporiadanie bolo zvolené z ohľadom na spektrálne charakteristiky ľudského oka, ktoré má dominantnú citlivosť v oblasti vlnových dĺžok 500nm [6].



Obr. 28 Pixel predstavuje jeden bod obrázku zadaný svojou farbou [6].

A čo sa stane teraz, keď začne svetlo dopadať na CCD prvok? Najskôr prejde filtrom pred každým elementom. Modrý filter prepustí modrú časť spektra a odrazí červenú a zelenú, červený a zelený sa prenesú analogicky. Znova teda dojde k pohlteniu fotónov a získaniu elektrického náboja, ale teraz jeho veľkosť nezávisí len na intenzite dopadajúceho svetla, ale tiež na farebnom zložení.



Obr. 29 Interpolácia farieb z jednotlivých elementov [6].

Skutočnú farbu daného pixelu, potom dostaneme matematickou interpoláciou farieb z jednotlivých elementov (viď. Obr. 29). Najčastejšie sa používa 24-bitová farebná hĺbka. Tento údaj znamená, že na každú z troch farieb (červená, zelená, modrá) pripadá osembitová informácia. Čo znamená  $2^8 = 256$  odtieňov danej farby. Ich zložením (interpoláciou) potom dostávame  $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$  farebných odtieňov, čo postačuje ku kvalitnému zachyteniu reality. Spôsob skladania farieb je ukázaný na obrázku: vždy sa zoberie štvorica elementov, ktorá určí farbu jednotlivého pixelu. V našom prípade dá prvá štvorica hodnoty  $R=180$ ,  $G=200$ ,  $B=255$ , čo výsledkom bude šedá. U druhej štvorice prevedieme zloženie analogicky a dostaneme farbu žltohnedú. Je dobré poznať, že niektoré profesionálne systémy pracujú s ešte väčšou farbenou hĺbkou – až 14 bitov na jeden farebný kanál.

Predovšetkým monochromný čip môže s použitím filtrov vytvoriť farebný obraz. Tento obraz je spravidla vyššej kvality ako obraz z farebného čipu, ale farebný čip môže vytvoriť monochromný obraz len za cenu straty rozlíšenia a obmedzenia citlivosti.

Farebné čipy majú menšiu kvantovú účinnosť ako monochromné. Obmedzenie QE farebnými filtermi z 80% na asi 25% v rade aplikácii plytvá svetlom. Tak isto nedovoľujú použiť binning, pretože binning (viď. binning) by pomiešal pixely rôznych farieb, farebná informácia by bola stratená.

Monochromné čipy môžu snímať farebné obrazy nielen snímaním cez farebné RGB filtre, je možné kombinovať vysoko kvalitný jasový snímok urobený bez filtra s kratšími farebnými expozíciami poskytujúcimi len farebnú informáciu (takáto technika sa označuje LRGB), pretože farebná informácia je menej dôležitá, je možné zvýšiť citlivosť čipu pri snímaní farebných častí binningom za cenu straty rozlíšenia a snímať len jasovú zložku pri plnom rozlíšení.

### **6.3 Pixely môžu byť v CCD čipe organizované niekoľkými spôsobmi.**

Jediná rada pixelov tvorí lineárny CCD. Lineárne CCD bývajú používané, keď potrebujeme snímať len jednorozmerný obraz (napr. pri detekcii spektra). I dvojrozmerný obraz, ale môže byť vytvorený pomocou lineárneho snímača – stačí aby sa detektor alebo cieľový objekt pohyboval a obraz je vytvorený postupným snímaním riadku po riadku. Tento princíp je použitý, napr. u skenerov dokumentov – detektor spolu s optikou sa posúva vzhľadom k snímanému dokumentu a obraz sa vytvára riadok po riadku. Tiež kamery v družiciach a sondách obiehajúce okolo skúmaných planét často používajú tento princíp – orbitálny pohyb družice je použitý k vytváraniu obrazu povrchu riadok po riadku.

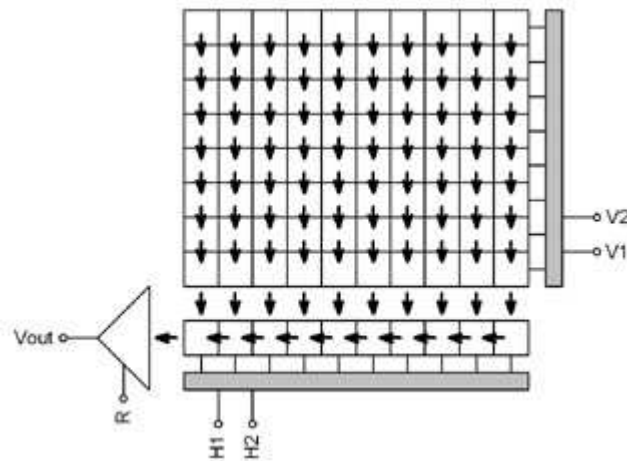
Pixely vytvorené v matici na kremíkovom čipe vytvárajú maticový CCD. Maticový CCD detektor sníma obrázok naraz. Používajú sa v digitálnych fotoaparátach, kamerách a tiež v astronomických CCD kamerách [6].

Pixely akumulujúce svetlo sú v maticových CCD organizované do stĺpcov. Zmenami napätia na vertikálnych elektródach je možné celý obraz posunúť pozdĺž obrazových stĺpcov o jeden riadok dole. To znamená, že každý riadok sa posunie o jeden riadok dole, len najnižší riadok sa presunie do tzv. horizontálneho registra. Horizontálny register môže byť posúvaný pomocou horizontálnych elektród do výstupného zosilňovača. Čítanie maticového CCD, teda predstavuje zvislý posun obrazu do horizontálneho registra prekladaný vodorovným posunom pixelov horizontálneho registra do výstupného zosilňovača a digitalizáciou jeho hodnoty.

I maticové CCD snímače majú rôzne konštrukcie:

1. Full Frame (FF)

Vystavuje celú svoju plochu svetlu. Počas čítania FF čipu je nevyhnutné použiť mechanickú uzávierku, inak by dopadajúce svetlo rozmazalo čítaný obraz. FF čipy sú najvhodnejšie k snímaniu slabých zdrojov svetla v astronómii, pretože snímajú svetlo najväčšou plochou. Všetky CCD čipy so skutočne vysokou kvantovou účinnosťou sú FF čipy.



Obr. 30 Full Frame čip [6].

Kvantová účinnosť CCD čipu (anglicky Quantum Efficiency – QE) určuje koľko fotónov dopadajúcich na čip je premenených na signál. Napr. QE okolo 30%, znamená približne každý tretí fotón vygeneruje elektrón.

## 2. Frame Transfer (FT)

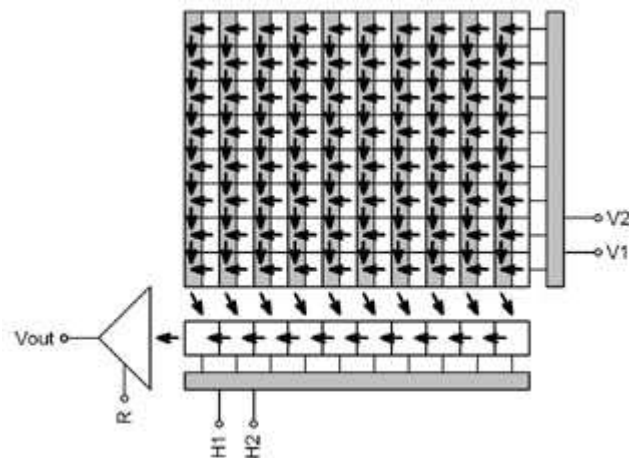
Čipy sa skladajú z dvoch oblastí, jedna je vystavená svetlu (Imaging Area – IA) a druhá je prekrytá nepriehľadnou vrstvou (Storage Area – SA). Akonáhle je expozícia ukončená, obraz je veľmi rýchlo prenesený a IA do SA. SA je následne relatívne pomaly posúvaná do horizontálneho registra a digitalizovaná bez nebezpečia rozmazania dopadajúcim svetlom. Táto vlastnosť je tiež nazývaná „elektronická uzávierka“. Nič menej tento spôsob vyčítania má svoje limity. Predovšetkým elektronická uzávierka nedovoľuje exponovať tmavé snímky – kamera musí byť vybavená mechanickou uzávierkou, tak ako tak, nebude schopná urobiť tmavé snímky automaticky, bez obťažovania pozorovateľa zakrývaním tubusu (čo môže byť u otvoreného tubusu dosť veľký problém). I keď je SA zakrytá pred

prichádzajúcim svetlom, predovšetkým u jasných zdrojov svetla (ako je napr. Mesiac) hrozí pretekánie náboja z IA do SA počas vyčítania.

Významnou negatívnou vlastnosťou FT čipov je ich cena. Výroba veľkých kremíkových čipov bez vadných pixelov je veľmi drahá a FT čipy majú dvojnásobnú plochu v porovnaní s FF čipu. To je tiež jeden z dôvodov prečo sa od výroby FT čipu postupne opúšťa.

### 3. Interline Transfer (IT)

Čipy pracujú podobne ako FT (tiež sú vybavené elektronickou uzávierkou), ale ich zaočnená plocha je prekladaná s aktívnou citlivou plochou. Každý nepárny stĺpec akumuluje svetlo, párne stĺpce sú prekryté nepriehľadnou vrstvou. Akonáhle expozícia skončí, nepárne stĺpce sú veľmi rýchlo presunuté do párných stĺpcov. Tie sú potom postupne posúvané do horizontálneho registra a digitalizované.



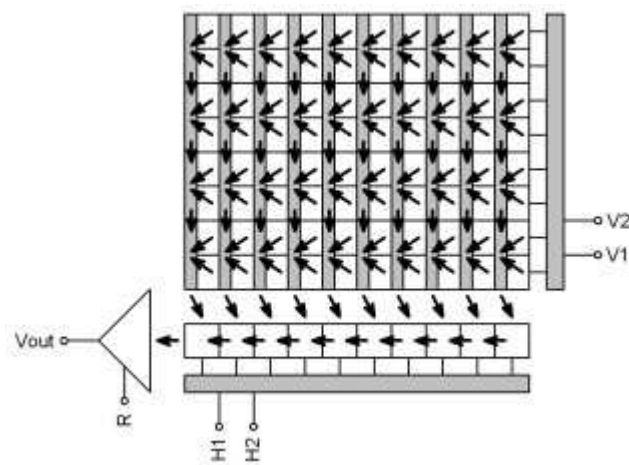
Obr. 31 Interline Transfer [6].

Prekladanie aktívnych a neaktívnych stĺpcov obmedzuje plochu, ktorou čip zhromažďuje svetlo. Tento efekt môže byť čiastočne kompenzovaný pokročilými výrobnými postupmi (napr. aplikácia mikrošošoviek).

Z historických dôvodov je televízny signál tvorený vlastne postupnosťou jednotlivých obrázkov, ale striedajúcimi sa snímkami o polovičnom počte riadkov, tzv. polsnímkami. Nepárny polsnímok, tak obsahuje riadky 1, 3, 5 atď., párný polsnímok, potom riadky 2, 4,

6, atď. Týmto konveciam sa prispôsobili i výrobcovia CCD čipov a pozmenili architektúru snímačov používaných v televíznej technike tak, aby tieto CCD čipy rovnako dokázali vyčítať jednotlivé polsnímky.

Samozrejme pokiaľ by bol vyčítaný vždy len každý druhý riadok, citlivosť snímača by značne utrpela (50% informácie by sa pri čítaní zahodilo). Preto u klasických „televíznych“ CCD čipov sú exponované riadky elektronicky sčítané (vid'. binning) tak, že polsnímok obsahuje najskôr samotný prvý riadok, nasledovaný súčtom 2. a 3. riadku, súčtom 4. a 5. riadku atď. Párny polsnímok potom sčíta 1. a 2. riadok, 3. a 4. riadok, atď.



Obr. 32 Interlaced Read [6].

Táto architektúra čipu je označovaná ako interlaced read. Oproti tomu architektúra čipu umožňujúca vyčítať všetky pixely naraz je označovaná ako progressive read.

Na druhú stranu implementácia mikrošošoviek znižuje zatienenie stĺpcov citlivosti IT CCD čipu oproti FF čipom. Ak nemá byť podstatne zhoršená dynamika čipu daná kapacitou každého pixelu, musia byť zatienené stĺpce prakticky rovnako široké, ako aktívne stĺpce. Zúženie zatienených stĺpcov a tým i zvýšenie kvantovej účinnosti prináša kombinácia oboch spôsobov vyčítania IT čipov, označované ako frame read. Vždy dva aktívne pixely nad sebou zdieľajú v zatienenom stĺpci jediný pixel. Zatienený stĺpec tak môže mať polovičnú šírku v porovnaní s aktívnym stĺpcom a napriek tomu plocha pixelu (a tým i jeho kapacita) zostávajú rovnaké. Pri vyčítaní pritom nie sú do zatieneného pixelu sčítané pixely susedných riadkov, ale najskôr je prečítaný nepárny polsnímok, pritom náboj

v susednom polsnímku je zachovaný v aktívnych pixeloch. Potom je prečítaný párný polsnímok.

Tento spôsob vyčítania vyžaduje použitie mechanickej uzávierky – počas vyčítania nepárneho polsnímku, pixely párneho polsnímku stále akumulujú svetlo. Táto architektúra čipu je spravidla užívaná u snímačov používaných v digitálnych fotoaparátoch

#### Poznámka:

Mnoho lacných astronomických kamier s nízkym rozlíšením používa interlaced CCD čipy pre ich relatívne vysokú citlivosť a nízku cenu. Nič menej po dlhej expozícii, obvykle u astronomických snímkou, nie je možné vyčítať len jeden polsnímok, je potreba prečítať obraz v plnom rozlíšení čipu. Spravidla i interlaced čipy viac, či menej dovoľujú vyčítanie obdobnej frame read čipom, teda dvoch nasledujúcich polsnímokov bez sčítania susedných riadkov. Snímky z takých kamier možno, ale veľmi ľahko rozlíšiť podľa kontúr prezrádzajúcich prekladanie polsnímokov, pretože takýto mód nie je výrobcom priamo podporovaný a polsnímky bývajú často dosť rozdielne.

Kvantovaná činnosť CCD čipov je ovplyvňovaná radou výrobných technológií:

Efekt zatienenia čipu elektródami na povrchu možno zmierniť použitím transparentného materiálu k výrobe elektród.

Výrobcovia môžu vytvoriť malé cylindrické šošovky nad každým obrazových stĺpcom. Tieto šošovky sústredia svetlo z oblastí na svetlo necitlivých (napr. skladové stĺpce IT čipu) do oblastí citlivých. Zvlášť IT čipy majú z použitých mikrošošoviek najväčší prospech, ale mikrošošovky môžu významne zvýšiť QE i u FF čipu.

Najvyššie možné QE možno dosiahnuť použitím tenších čipov osvetlených zozadu (anglicky Back-Illuminated CCD). Tieto čipy sú zapuzdrené „hore nohami“, takže elektródy sú na spodnej strane čipu a neblokujú prichádzajúce svetlo. Čip je veľmi stenčený. Prakticky celá zadná strana čipu je teda vystavená svetlu. Výroba tenčených čipov je, ale veľmi náročná a čipy sú relatívne drahé. Osvetlenie zozadu tiež môže spôsobovať niektoré negatívne efekty, ako sú napr. interferenčné obrazce spôsobené infračervených žiarením z atmosféry a pod.

## 6.4 Zlučovanie pixelov – Binning

Jedna z dôležitých vlastností CCD čipov, často využívaná v astronomických aplikáciách, je schopnosť „zlievať“ náboje okolných pixelov počas vyčítania (anglicky je toto zlievanie označované ako binning). Náboj digitalizovaný vo výstupnom uzle, tak predstavuje súčet osvetlenia pixelov zliatych dohromady.

Pixely je možné zlievať v horizontálnom i vertikálnom smere. Horizontálny binning vznikne, keď je horizontálny register posunutý viackrát, ani by bol medzi jednotlivými posunmi inicializovaný výstupný bod čipu. Vertikálny binning vznikne, keď je obraz vertikálne posunutý do horizontálneho registra, ani by bol medzi posunmi horizontálny register vyčítaný. Kombinácie horizontálneho i vertikálneho binningu vedie k nahradeniu štvorca alebo obdĺžnika susedných pixelov jediným bodom obrazu. Napríklad binning  $2 \times 2$  je kombináciou  $2 \times$  vertikálneho a  $2 \times$  horizontálneho binningu. Maximálny počet pixelov, ktoré je možno zliať, spravidla závisí na elektronike kamery a na jej firmware. Niektoré kamery dovoľujú len určité preddefinované kombinácie binningu (napr.  $2 \times 2$  a  $3 \times 3$ ), prípadne dovoľujú ľubovoľne kombinovať binning v určitom rozsahu (napr. 1 – 4 v horizontálnom a 1 – 6 vo vertikálnom smere a pod.).

Akú výhodu prináša vyčítanie CCD čipu s binningom? Rozlíšenie výsledného obrazu (počet pixelov) je menší, ale citlivosť čipu výrazne rastie. V prípade binningu  $2 \times 2$  predstavuje každý bod obrazu súčet 4 pixelov a signál je teda 4krát väčší. Binning je tiež veľmi užitočný pokiaľ sú pixely kamery podstatne menšie ako najmenší detail, ktorý daný ďalekohľad dokáže zobrazit', či už z dôvodu nekľudu vzduchu, dlhej ohniskovej vzdialenosti a pod. Binning v takomto prípade zvýši citlivosť, zrýchli digitalizáciu a zmenší objem dát, ani by obmedzil uhlové rozlíšenie – obraz v plnom rozlíšení by bol zbytočne prevzorkovaný. Pre moderné CCD kamery s miliónmi relatívne malých pixelov je binning stále dôležitejší [6].



## 7 TECHNOLOGIA CMOS

Pokroky v technológii CMOS snímačov sa kvalitou obrazu priblížili CCD snímačom, ale stále nie sú vhodné pre kamery, od ktorých požadujeme najvyššiu možnú kvalitu obrazu. CMOS snímače umožňujú ponúknuť nižšiu cenu za kameru, pretože obsahujú všetko, čo je potrebné pre vytvorenie kamery. K dispozícii sú veľké snímače, ktoré prinášajú megapixelové rozlíšenie sieťovým kamerám.

Zlá citlivosť na svetlo ešte stále predstavuje obmedzenie pre využitie CMOS snímačov. Táto nevýhoda nie je problém pokiaľ potrebujeme kameru pre dobre osvetlené prostredie, ale pokiaľ máme zlé osvetlenie prostredia (napr. i chodbu v budove), môže byť rozdiel v kvalite obrazu zreteľný. Výsledkom je veľmi tmavý obraz plný šumu.

Snímače typu CMOS (Complementary Metal Oxid Semiconductor) využívajú polovodičové súčiastky riadené elektrickým poľom a k prevádzke im stačí len jedno napájacie napätie. Preto je ich spotreba veľmi malá. Navyše je ich technológia výroby pomerne lacná, pretože podobne sa vyrába väčšina integrovaných obvodov. Tieto snímače sa tiež delia na dva druhy, na tzv. pasívne CMOS (PPS – Passive Pixel Sensors), ktoré generujú elektrický náboj úmerný energii dopadajúceho zväzku svetelných lúčov. Náboj potom ide cez zosilňovač do AD prevodníka, rovnako ako u CCD. V praxi však pasívne CMOS dávajú vďaka šumu zlý obraz. Druhým typom sú aktívne CMOS (APS- Active Pixel Sensors), u ktorých je každý svetlocitlivý element doplnený analytickým obvodom, ktorý meria šum a eliminuje ho. Práve tieto snímače majú veľkú budúcnosť.

### 7.1 Výhody a nevýhody CCD a CMOS snímačov

Systém CCD využíva ojedinelú technológiu a vytvára tak vhodné podmienky k tomu, aby transport akumulovaného náboja prebehol bez skreslenia. Je to proces, ktorý potom vedie k vysokej kvalite senzoru – a to po stránke reprodukčnej vernosti a citlivosti k svetlu. Na druhú stranu výrobcovia senzorov CMOS využívajú štandardizované výrobné postupy, úplne totožné so spôsobom, ktorý je využívaný pri výrobe mikroprocesorov. Vzhľadom k týmto výrobným rozdielom je možné popísať rozdiely medzi prvkami CCD a CMOS.

- Snímače CCD vytvárajú obraz vysokej kvality, zasiahnutý len nízkym šumom. Snímače CMOS majú väčší sklon k šumu,

- pretože každá pixela na snímači CMOS má niekoľko transformátorov umiestnených blízko nej, citlivosť k svetlu tu je nižšia. Mnoho fotónov tu totiž zasiahne tranzistory namiesto fotodiódy,
- čipy CMOS sú vyrábané len na základe štandardného silikónového sortimentu, takže majú sklon byť mimoriadne lacné v porovnaní s čipmi CCD,
- snímače CCD sú vyrábané už dlhší čas a sú vývojovo zrelšie, s vyššou kvalitou obrazových informácií.

Paradoxne CMOS snímače nezaznamenali žiadnu radikálnu technologickú obmenu, ktorá by ich posunula do popredia. Výrobcovia si len viac začali ceniť ich výhody a lepšie si dnes dokážu poradiť s ich nevýhodami a CMOS začínajú kralovať v oblastiach ako sú mobilné telefóny, či DSLR.

Jednou zo základných výhod CMOS snímačov je nižšia spotreba energie, za ktorou na jednej strane stojí odlišná konštrukcia a na druhej strane majú schopnosť pracovať len s jednou napät'ovou úrovňou, zatiaľ čo CCD snímače spotrebujú pre čítanie (posun) získaného náboja napät'ové úrovne dve.

Ak vyjdeme z týchto rozdielov, dôjdeme k záveru, že CCD bývajú využívané pre prácu na vysoko kvalitných snímkach, s mnohými dokonalo zhodnotenými pixelmi a za vyššej citlivosti k svetlu. Naopak čipy CMOS mávajú obrazovú kvalitu nižšiu, nižšiu rozlišovaciu schopnosť, nižšiu citlivosť a tiež sú oveľa lacnejšie.

## 8 MERANIE PARAMETROV TELEVÍZNEJ KAMERY

Cieľom diplomovej práce je uskutočniť základné merania vybraných parametrov televíznych kamier s prihliadnutím na potreby v priemysle komerčnej bezpečnosti. Meranie sme uskutočnili vo vojenskom výskumnom ústave v Slavičine, kde sa venujú testovaniu televíznych kamier. Vybraným parametrom, ktorý bol meraný, bola rozlišovacia schopnosť, stanovenie horizontálneho rozlíšenia a citlivosť monochromatickej kamery za použitia dvoch rôznych objektívov.

Prečo sme testovali čiernobielu kameru? Pre pozorovanie krátkych vzdialeností je vhodné používať farebné kamery, pretože ľudské oko má tendenciu lepšie vnímať veci vo farbách, avšak ak potrebujeme vidieť na väčšie vzdialenosti odporúčame použiť čiernobielu kameru, pretože z veľkej vzdialenosti sa predmet s farebnými detailmi javí ako čiernobiely, čiže je citlivejšia pre rozpoznanie detailov ako farebná kamera. Zmenšovanie farebnej ostrosti (rozlišovacej schopnosti) nieje rovnaké pre podrobnosti medzi rôznymi farbami.



Obr. 33 Laboratórium, v ktorom bolo uskutočnené meranie [6].

## 8.1 Metodika č. 1

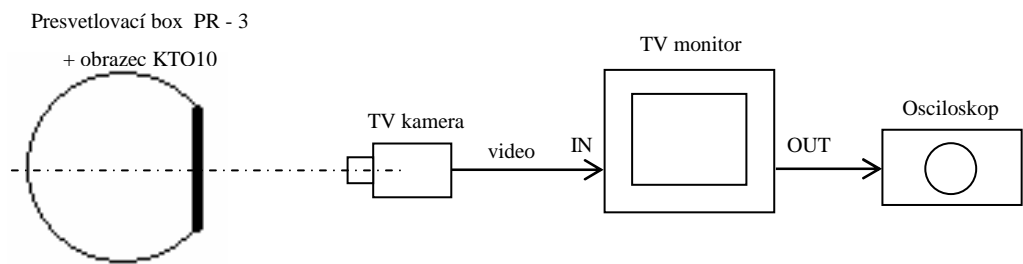
### 8.1.1 Stanovenie modulačnej prenosovej funkcie – MTF

#### Použité prístroje:

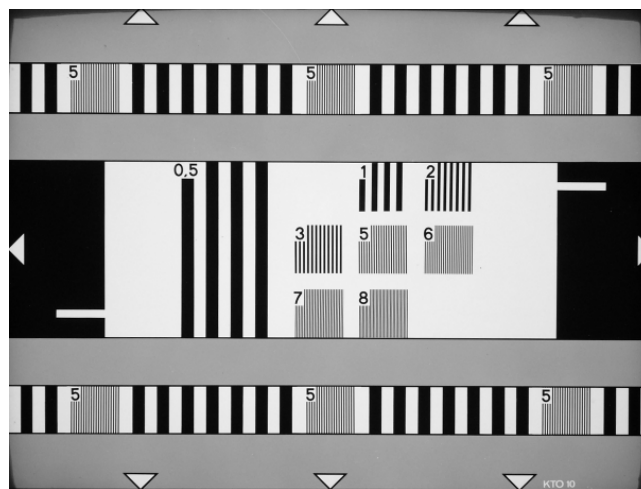
- Presvetlovací box PR-3 v.č. 91003, ev.č. MPČ 029,
- rozlišovací čiarový obrazec KTO10 (vid'. Obr. 35),
- TV monitor TESLA MB301 v.č. 35290, ev.č. MPČ 008,
- digitálny osciloskop Tektronix TDS 3032 B v.č. BO 11113, ev.č. 3295.

#### Postup:

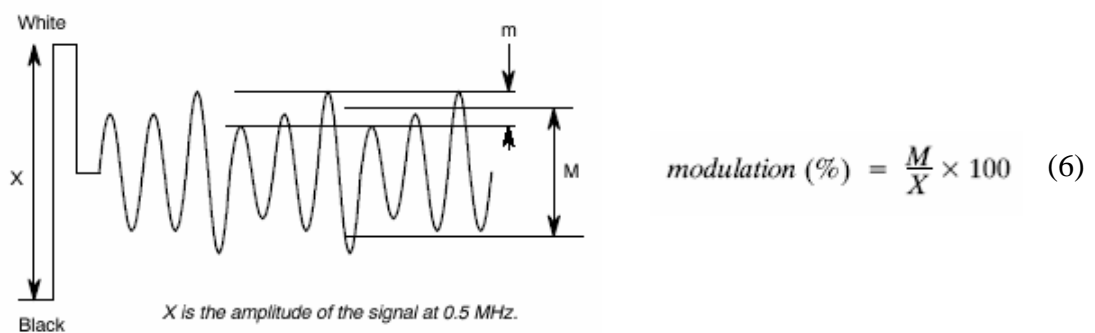
- Zostaviť pracovisko podľa Obr. 34,
- kameru umiestniť pred presvetlovací boxom tak, aby rozlišovací čiarový obrazec pokrýval na obrazovke TV monitora presne celú plochu tienidla (pomocou šípok na krajoch rozlišovacieho čiarového obrazca),
- zaostriť kameru na rozlišovací čiarový obrazec,
- nastaviť osvetlenie obrazce (popr. upraviť integračnú dobu kamery) tak, aby amplitúda videosignálu medzi zatemňovacou úrovňou a úrovňou bielej u čiarového rastru 0,5 MHz mala hodnotu 100 IRE,
- na obrazovke osciloskopu sa sleduje priebeh videosignálu reprezentujúci odozvu kamery na zvolený čiarový raster,
- na rozlíšiteľných čiarových rastroch (napr. 1 až 7 MHz) sa stanoví miera modulácie (vid'. Obr. 36, m vzťah 6) k získaniu priebehu MTF (Modulation Transfer Function – prenosová modulačná funkcia) celého zobrazovania systému (vid'. Obr. 37) [7].



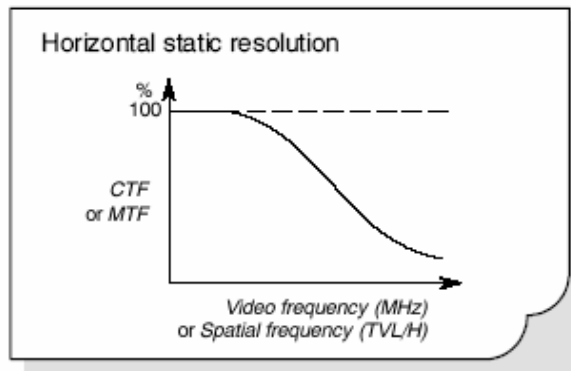
Obr. 34 Pracoviško pre testovanie kamier [7].



Obr. 35 Rozlišovací čiarový obrazec KTO10 [7].



Obr. 36 Miera modulácie k priebehu MTF [7].



Obr. 37 MTF celého zobrazovacieho systému [7].

## Vypracovanie metodiky č. 1

### Predmet skúšky

Predmetom skúšky bola B/W CCD kamera WAT – 902H3 Supreme (v.č. W105AC 00710) [PI] v spojení s objektívom FUJINON HF35SA-1 (35mm, F1.4). [PII]

### Cieľ skúšky

Cieľom skúšky bolo stanoviť modulačnú prenosovú funkciu.

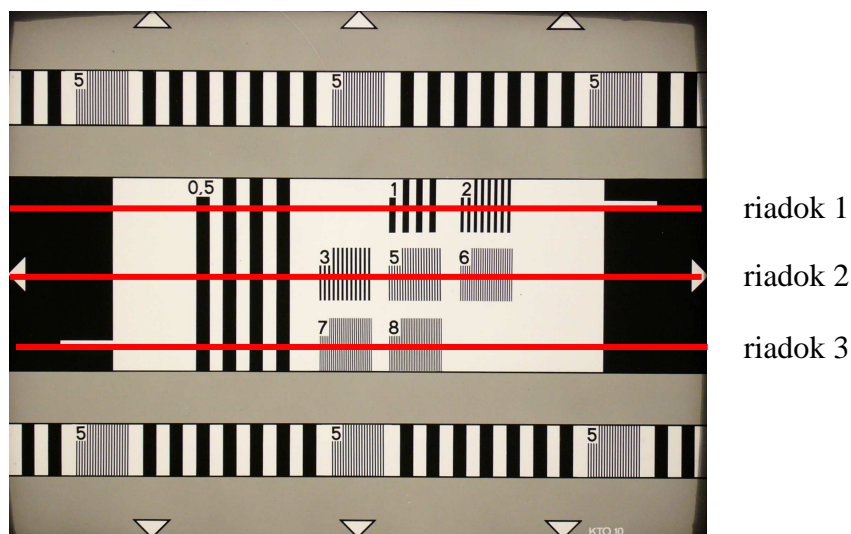
### Nastavenie kamerového modulu:

AGC	HI
GAMMA	LO (0,45)
BACK LIGHT	Default
ELECTRONIC SHUTTER	1/50 s

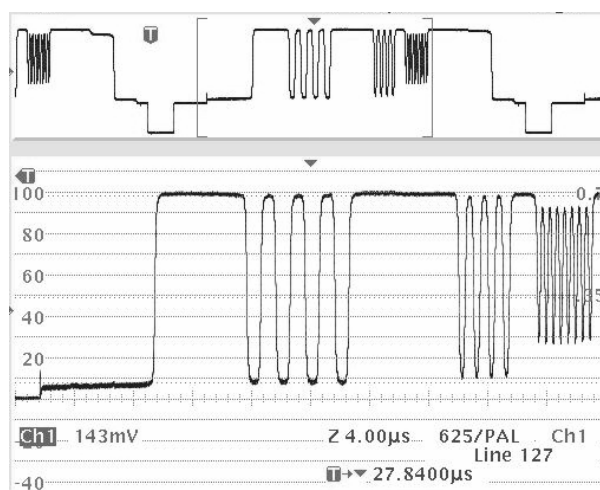
### Nastavenie objektívu:

Clonové číslo 2,8.

Nižšie uvedené priebehy videosignálu reprezentujú odozvy kamery na vybrané riadky rozlišovacieho čiarového obrazca KTO 10 (viď. Obr. 38).



Obr. 38 Rozlišovací čiarový obrazec KTO10 s vyznačenými priebehmi videosignálov riadok 1, riadok 2 a riadok 3 [7].



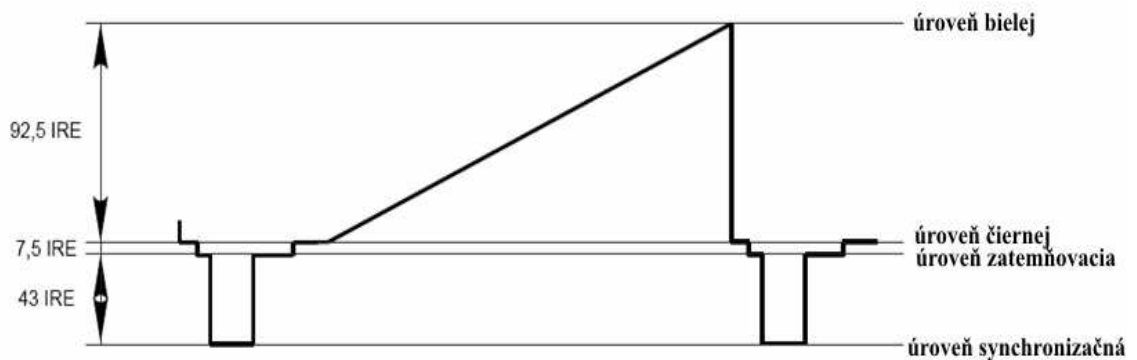
Obr. 39 Riadok 1: modulácia 100% (0,5MHz), modulácia 96,5% (1MHz), modulácia 72,2% (2MHz)

Tab. 5 MTF priestorovej frekvencie 0,5; 1; a 2 MHz/TVL

Priestorová frekvencia [MHz/TVL]	IRE	MTF [%]
0,5	92,1	100
1	88,9	96,5
2	66,5	72,2

IRE – Relatívna jednotka

Úrovně videosignálu môžu byť udávané buď absolútne, napríklad vo voltoch, alebo relatívne. V televíznej technike je pre relatívnu špecifikáciu úrovní zavedená jednotka IRE, ktorá bola ustanovená organizáciou „Institute of Radio Engineers“ (predchodca IEEE). Nižšie uvedený obrázok popisuje základné úrovne televízneho signálu (bez farbynosnej informácie) s celkovým rozkmitom 143 IRE a posunutím čiernej o 7,5 IRE nad zatemňovacou úrovňou



Obr. 40 Základné úrovne TV signálu (bez farbynosnej informácie, 143 IRE, nastavenie čiernej 7,5 IRE) [6].

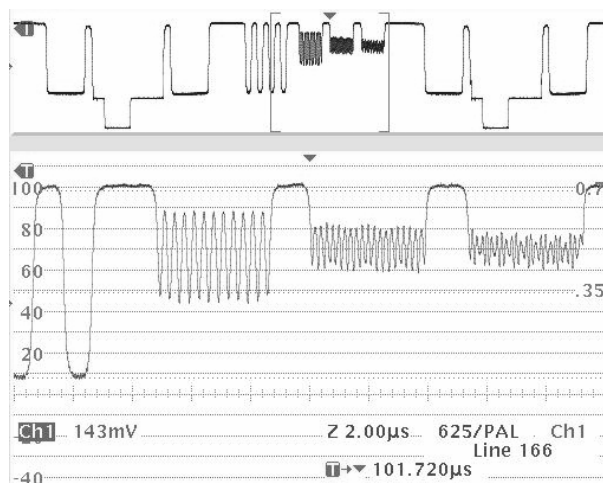
MTF – Modulačná prenosová funkcia sa vypočíta dosadením nameraných hodnôt do vzťahu 6

$$\text{Modulation} = \frac{M}{X} \times 100 \quad [\%]$$

M – nameraná úroveň videosignálu priestorových frekvencií

X – amplitúda čierna, biela o priestorovej frekvencii 0,5 MHz

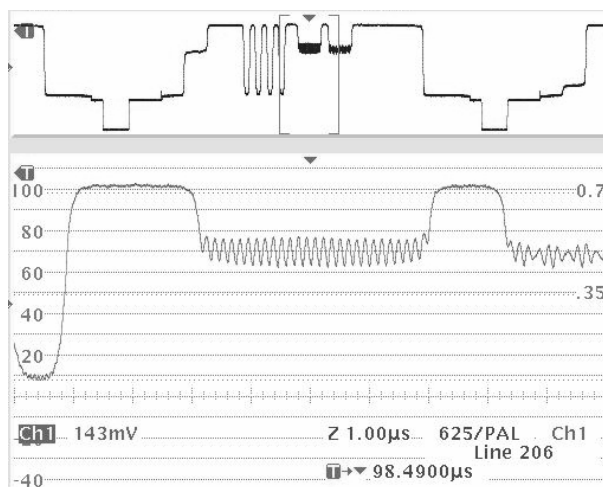




Obr. 41 Riadok 2: modulácia 100% (0,5MHz), modulácia 46,9% (3MHz), modulácia 22,1% (5MHz), modulácia 16,1% (6MHz)

Tab. 6 MTF priestorovej frekvencie 0,5; 3; 5; a 6 MHz/TVL

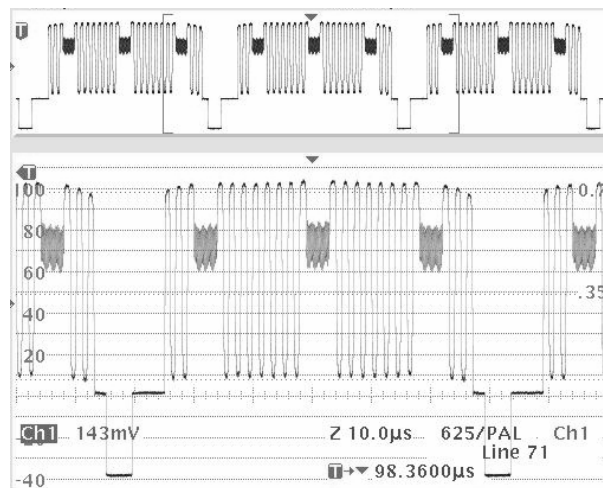
Priestorová frekvencia [MHz/TVL]	IRE	MTF [%]
0,5	92,1	100
3	43,2	46,9
5	20,4	22,1
6	14,8	16,1



Obr. 42 Riadok 3: modulácia 100% (0,5MHz), modulácia 16,1% (7MHz), modulácia nie je rozlíšiteľná (8MHz)

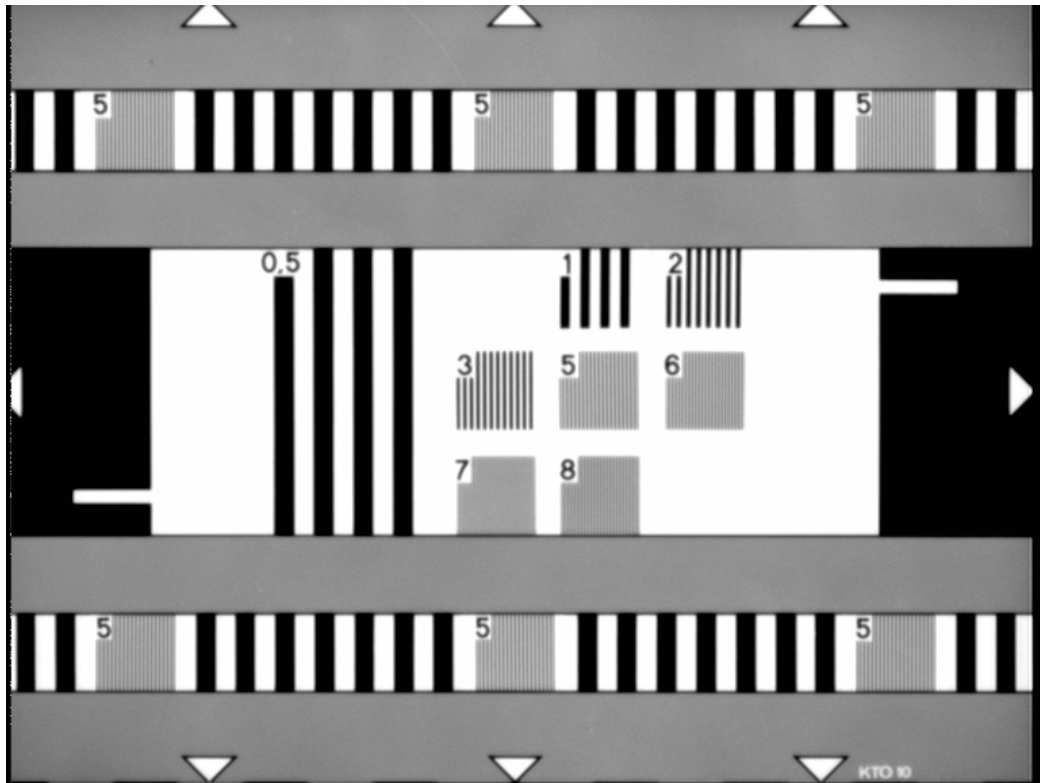
Tab. 7 MTF priestorovej frekvencie 0,5; 7; a 8 MHz/TVL

Priestorová frekvencia [MHz/TVL]	IRE	MTF [%]
0,5	92,1	100
7	14,8	16,1
8	nie je rozlišiteľná	



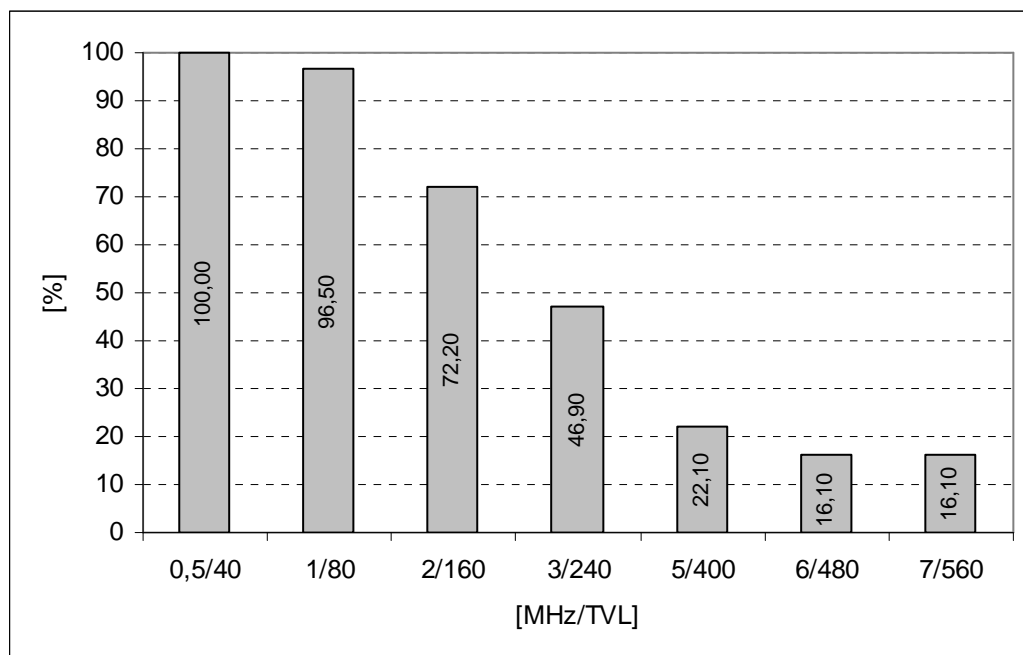
Obr. 43 Vinetácia objektívu (clonové číslo 1.4) – clona maximálne otvorená (riadok úplne hore: 5 MHz, 0,5 MHz, 5 MHz)

Pokiaľ objektívom zobrazujeme predmet, ktorý leží mimo optickú os, prejaví sa obmedzením chodu lúčov prírubami šošoviek a tubusom objektívu. Navyše v spojení s pôsobením clony, nastane deformácia prierezu zväzku lúčov, vďaka ktorým potom nebude kruhový, ale eliptický. Osvetlenie je totiž závislé na uhle, pod ktorým zväzok lúčov dopadá na objektív. Vinetácia závisí predovšetkým na stavbe objektívu, teda čím je vstupná pupila väčšia a ohnisková vzdialenosť kratšia, tým je vinetácia menšia.



Obr. 44 Obraz kamery pozorovaný na monitore

Tab. 8 Priebeh funkcie MTF (prenos modulácie) zobrazovacieho systému



## 8.2 Metodika č. 2

### 8.2.1 Stanovenie horizontálneho rozlíšenia

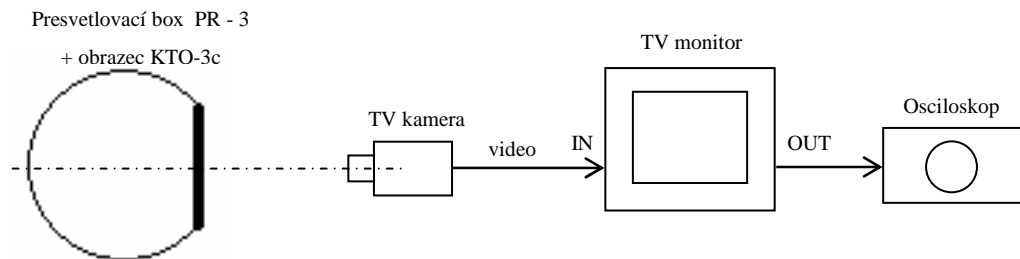
#### Použité prístroje:

- Presvetľovací box PR-3 v.č. 91003, ev.č. MPČ 029,
- rozlišovací čiarový obrazec KTO-3c (viď. Obr. 46),
- TV monitor TESLA MB301 v.č. 35290, ev.č. MPČ 008,
- digitálny osciloskop Tektronix TDS 3032 B v.č. BO 11113, ev.č. 3295.

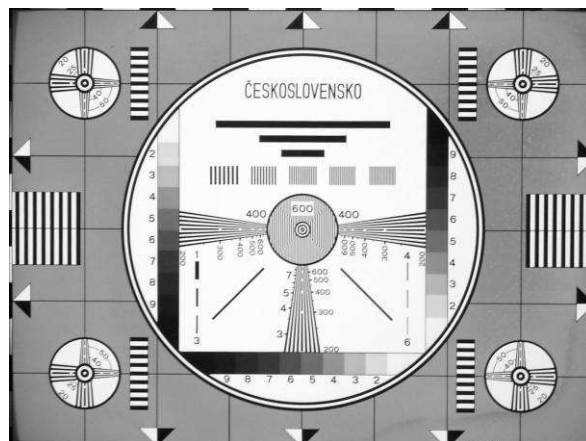
#### Postup:

- Zostaviť pracovisko podľa Obr. 45,
- kameru umiestniť pred presvetľovací boxom tak, aby rozlišovací čiarový obrazec pokrýval na obrazovke TV monitora presne celú plochu tienidla (pomocou šípiek na krajoch rozlišovacieho čiarového obrazca),
- zaostriť kameru na rozlišovací čiarový obrazec,
- nastaviť osvetlenie obrazce (popr. upraviť integračnú dobu kamery) tak, aby amplitúda videosignálu medzi zatemňovacou úrovňou a úrovňou bielej u čiarového rastru 0,5 MHz malú hodnotu 100 IRE,
- k určeniu horizontálneho rozlíšenia slúži klínový čiarový raster s číselnými hodnotami frekvencie videosignálu a TV riadky na výšku obrazu. Subjektívne možno horizontálne rozlíšenie určiť tak, že sa na obrazovke monitoru nájde riadok, na ktorom je klínový čiarový raster ešte rozlíšiteľný (biele priamky sa začínajú meniť vo svetle na šedé a čierne priamky na tmavo šedé). Číselná hodnota vedľa riadku udáva horizontálne rozlíšenie,
- pre stanovenie horizontálneho rozlíšenia možno využiť osciloskop, kedy sa na obrazovke osciloskopu sleduje priebeh videosignálu reprezentujúci odozvu kamery na zvolený riadok klínového čiarového rastra. Číselná hodnota vedľa riadku, na

ktorom je klínový raster ešte rozlíšiteľný, alebo riadku na ktorom je hĺbka modulácie 5% \*, (podľa vzťahu 7, Obr. 47), udáva horizontálne rozlíšenie [7].



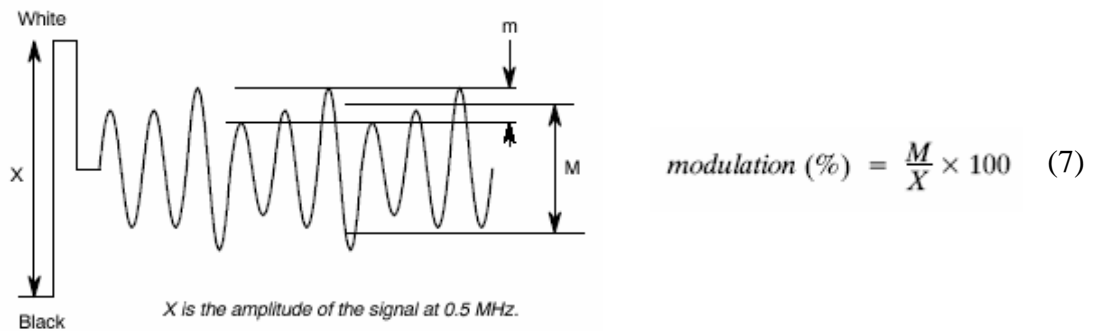
Obr. 45 Pracovisko pre testovanie kamier [8].



Obr. 46 Rozlišovací čiarový obrazec KTO-3c [8].

---

\* dľa EN 61146-1 Video Cameras (PAL/SECAM/NTSC) Methods of measurement Part 1: Non-broadcast single sensor cameras (IEC 1146-1, BS EN 61146-1)



Obr. 47 Miera modulácie k priebehu MTF [8].

Predmet skúšky

Predmetom skúšky bola B/W CCD kamera WAT – 902H3 Supreme (v.č. W105AC 00710) [PI] v spojení s objektivom FUJINON HF35SA-1 (35mm, F1.4) [PII].

Cieľ skúšky

Cieľom skúšky bolo stanoviť horizontálne rozlíšenie

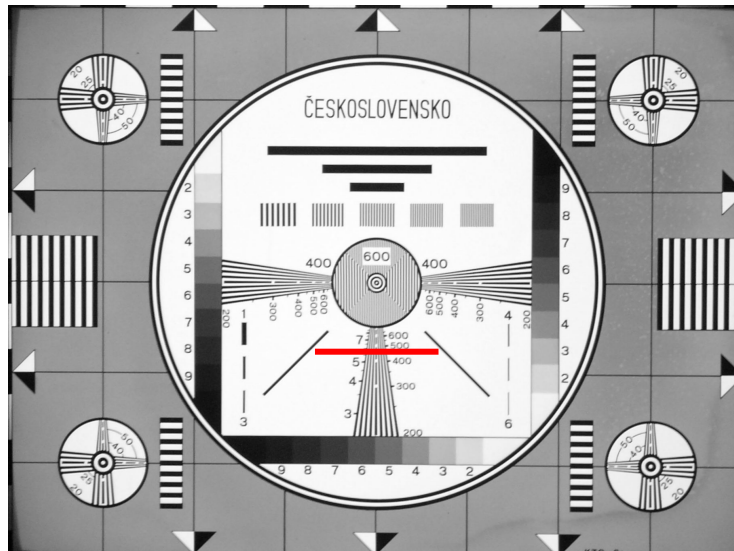
Nastavenie kamerového modulu:

AGC	HI
GAMMA	LO (0,45)
BACK LIGHT	Default
ELECTRONIC SHUTTER	1/50 s

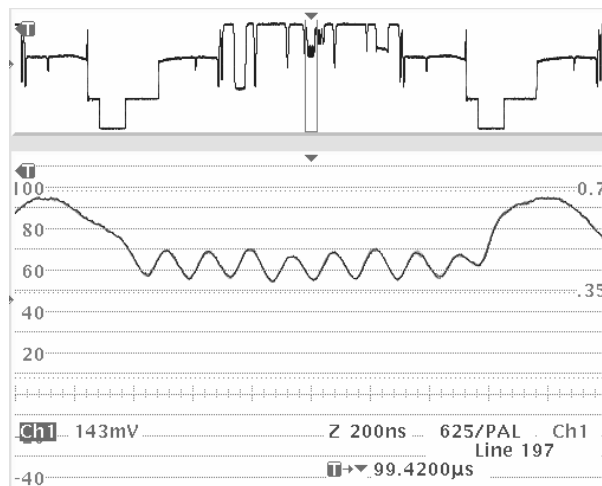
Nastavenie objektívu:

Clonové číslo 2,8.

Nižšie uvedené priebehy videosignálu reprezentujú odozvy kamery na vybrané riadky rozlišovacieho čiarového obrazca KTO-3c (vid'. Obr. 48).



Obr. 48 Rozlišovací čiarový obrazec KTO10-3c s vyznačeným priebehom videosignálu červenou čiarou [8].



Obr. 49 Riadok 573 TVL – 7,35 MHz (modulácia 17,4%)

Stanovenie horizontálneho rozlíšenia:

$$TVL = (2.52 \cdot 7,35) \cdot 0,75 = 573$$

TVL – počet horizontálnych riadkov na výšku,

52 – čas, za ktorý prejde snímač jeden aktívny riadok [ $\mu$ s],

7,35 – frekvencia riadku obrazu (zobrazí sa na osciloskope) [MHz],

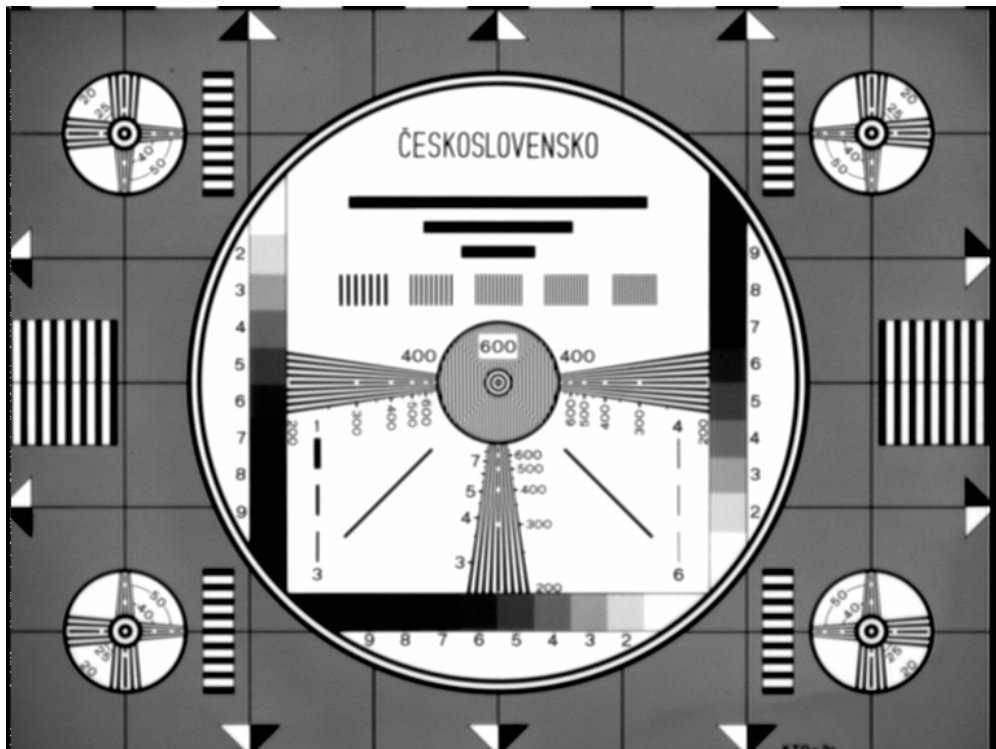
0,75 – formát obrazu 4:3

$$\text{Modulation} = \frac{M}{X} \times 100 \quad [\%]$$

$$573\text{TVL} = \Delta 16 \text{ IRE}$$

$$X = \Delta 92,1 \text{ IRE}$$

$$\text{MTF} = \frac{16}{92,1} \times 100 = 17,4\%$$



Obr. 50 Obraz kamery pozorovaný na monitore



## 8.3 Metodika č. 3

### 8.3.1 Stanovenie citlivosti kamery

#### Použité prístroje:

- Presvetlovací box PR-3 v.č. 91003, ev.č. MPC 029,
- rozlišovací čiarový obrazec KTO10 (vid'. Obr. 35),
- Digitálny luxmeter DIGILUX 9500 v.č. 0083.1400009, ev.č. 3503
- TV monitor TESLA MB301 v.č. 35290, ev.č. MPC 008,
- digitálny osciloskop Tektronix TDS 3032 B v.č. BO 11113, ev.č. 3295.

#### Postup:

- Zostaviť pracovisko podľa Obr. 34,
- kameru umiestniť pred presvetlovací boxom tak, aby rozlišovací čiarový obrazec pokrýval na obrazovke TV monitora presne celú plochu tienidla (pomocou šípiek na krajoch rozlišovacieho čiarového obrazca),
- zaostriť kameru na rozlišovací čiarový obrazec,
- na presvetlovacom boxe postupne znižovať osvetlenie rozlišovacieho čiarového obrazca a sledovať priebeh videosignálu reprezentujúci odozvu kamery na vybraný riadok,
- pri zvolenom osvetlení sa hodnotí:
  - miera degradácie obrazu šumom,
  - veľkosť amplitúdy videosignálu medzi zatemňovacou úrovňou a úrovňou bielej na čiarovom raste 0,5 MHz,
  - veľkosť amplitúdy čierna - biela na čiarovom raste 0,5 MHz,
  - rozlíšiteľnosť jednotlivých rastrov [9].

#### Predmet skúšky

Predmetom skúšky bola B/W CCD kamera WAT – 902H3 Supreme (v.č. W105AC 00710) [PI] v spojení s objektívom FUJINON HF35SA-1 (35mm, F1.4). [PII]

### Cieľ skúšky

Cieľom skúšky bolo stanovenie citlivosti kamery

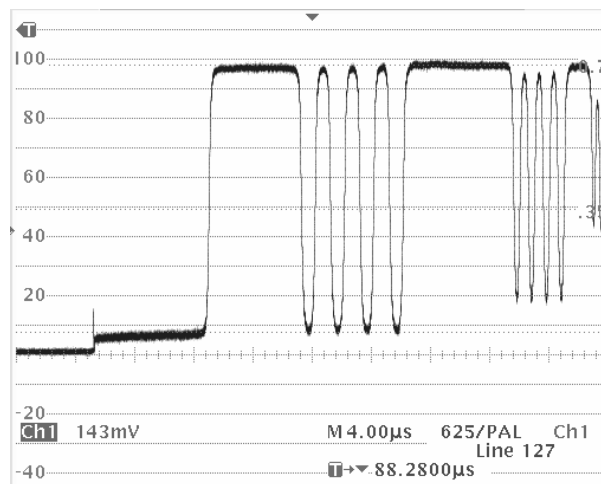
### Nastavenie kamerového modulu:

AGC	HI
GAMMA	LO (0,45)
BACK LIGHT	Default
ELECTRONIC SHUTTER	1/50 s

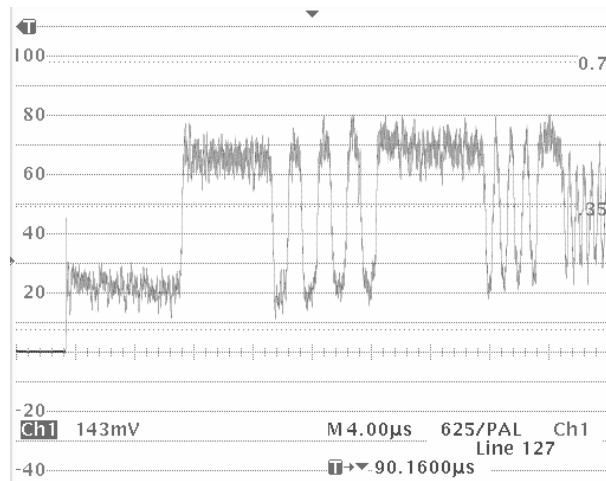
### Nastavenie objektívu:

Clona max. otvorená (clonové číslo 1.4).

Nižšie uvedené priebehy videosignálu reprezentujú odozvu kamery na vybraný riadok rozlišovacieho čiarového obrazca KTO10 (viď. Obr. 35) pri zvolenom nízkom osvetlení.



Obr. 51 a) priebeh videosignálu vyznačeného riadku pri osvetlení 3,67 lx



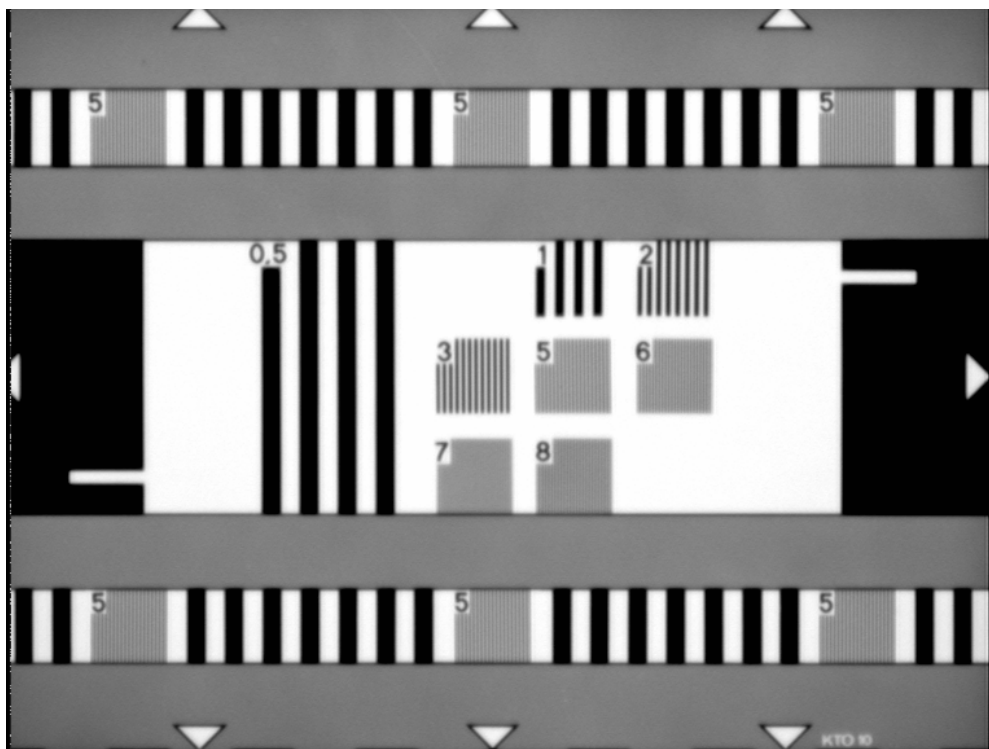
Obr. 52 b) priebeh videesignálu vyznačeného riadku pri osvetlení 7,65 mlx

Ad a) osvetlenie testu .... 3,67 lx

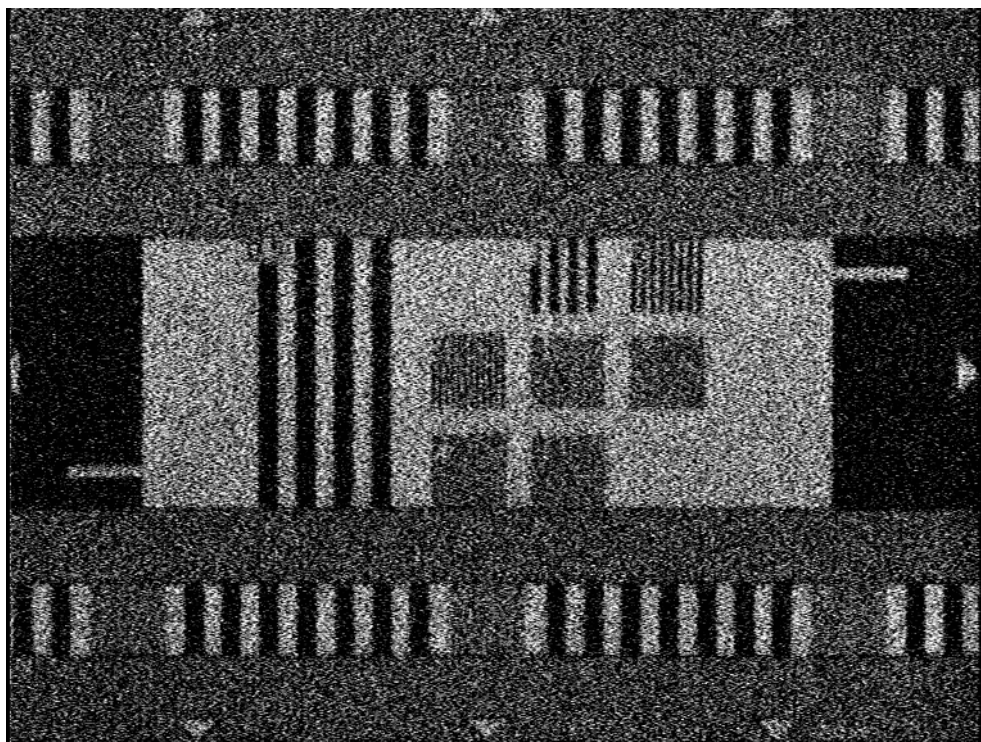
- Obraz nie je viditeľne degradovaný šumom,
- veľkosť amplitúdy videesignálu medzi zatemňovacou úrovňou a úrovňou bielej na čiarovom raste 0,5 MHz je 100 IRE (maximálna biela),
- veľkosť amplitúdy čierna - biela na čiarovom raste 0,5 MHz je 90 IRE,
- na obrazovke TV monitora bol zreteľne rozlíšený čiarový raster 7 MHz.

Ad b) osvetlenie testu ... 7,65 mlx

- Obraz je viditeľne degradovaný šumom,
- veľkosť amplitúdy videesignálu medzi zatemňovacou úrovňou a úrovňou bielej na čiarovom raste 0,5 MHz je 70 IRE,
- veľkosť amplitúdy čierna - biela na čiarovom raste 0,5 MHz je 50 IRE,
- na obrazovke TV monitora bol zreteľne rozlíšený čiarový raster 3 MHz.



Obr. 53 Obraz kamery pozorovaný na monitore pri 100 IRE



Obr. 54 Obraz kamery pozorovaný na monitore pri 50 IRE

### Záver

Laboratórnou skúškou bol stanovený priebeh modulačnej funkcie a horizontálneho rozlíšenia kamery, skúška bola uskutočnená podľa metodiky č. 1 a č. 2.

- rozlíšený čiarový raster 7MHz (modulácia 16,1%)
- horizontálne rozlíšenie 573 TVL (modulácia 17,4%)

Horizontálne rozlíšenie má význam obrazovej ostrosti a je dané počtom rozlíšiteľných liniek na výšku obrazu. Obecne platí, čím viac liniek horizontálneho rozlíšenia, tým ostrejší obraz. K stanoveniu horizontálneho rozlíšenia sme využili rozlišovací čiarový obrazec KTO10 obsahujúci čiarové rastri, ktoré tvoria skupiny čiernych čiar na bielom pozadí, ktoré sú rovnobežné a ich vzdialenosť je rovnaká ako ich šírka. Hustota striedania čierna – biela čiara v horizontálnom smere reprezentuje sínusový priebeh videosignálu s príslušnou frekvenciou.

### Citlivosť

Laboratórnou skúškou bola stanovená citlivosť kamery, skúška bola uskutočnená podľa metodiky č. 3.

Pri veľmi nízky úrovniach osvetlenia sú dominantnými zložkami šumu, ktoré ovplyvňujú videosignál tzv. vnútorné šumy (reset noise, dark current noise, output amplifier noise).

### Poznámka

Ak pracuje kamera v plno automatickom móde, dochádza pri znižovaní úrovne osvetlenia k automatickému predlžovaniu doby otvorenia elektronickej uzávierky (Shutter speed) až na 1/50s. Ďalej je využívaná funkcia AGC (automatické riadenie zisku). Funkcia AGC udržiava konštantnú úroveň videosignálu jeho zosilňovaním a tým dochádza k zvyšovaniu svetelnej citlivosti. Spolu so zosilňovaním užitočného videosignálu sa však zosilňuje i šum, kamera teda poskytuje pozorovateľný obraz, ale ten je degradovaný šumom. Dôležitým parametrom je potom pomer signál/šum.

## 8.4 Metodika č. 1 a č. 2

### 8.4.1 Stanovenie horizontálneho rozlíšenia a modulačnej prenosovej funkcie

#### Použité prístroje:

- Presvetlovací box PR-3 v.č. 91003, ev.č. MPCČ 029,
- rozlišovací čiarový obrazec KTO10 (vid' Obr. 56),
- rozlišovací čiarový obrazec KTO-3c (vid' Obr. 57),
- TV monitor TESLA MB301 v.č. 35290, ev.č. MPCČ 008,
- digitálny osciloskop Tektronix TDS 3032 B v.č. BO 11113, ev.č. 3295.
- Kamera: B/W CCD 1/3" WAT-902H3 Supreme [PI].

#### Nastavenie:

AGC	HI
GAMMA	LO (0,45)
ELECTRONIC SHUTTER	1/50 s (OFF)

- Objektív: motorized zoom FUJINON D 12 x8A-YE2 (8 – 96mm) [PIII].

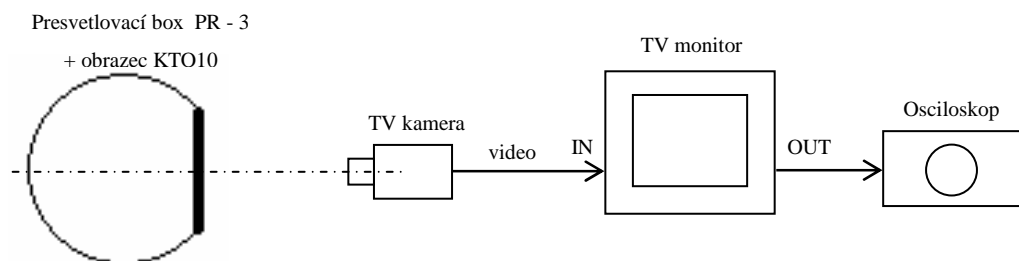
#### Nastavenie:

Ohnisková vzdialenosť 35 mm

#### Postup:

- Zostaviť pracovisko podľa Obr. 55,
- kameru umiestniť pred presvetlovací boxom tak, aby rozlišovací čiarový obrazec pokrýval na obrazovke TV monitora presne celú plochu tienidla (pomocou šípiek na krajoch rozlišovacieho čiarového obrazca),
- zaostriť kameru na rozlišovací čiarový obrazec,
- nastaviť osvetlenie obrazce (popr. upraviť integračnú dobu kamery) tak, aby amplitúda videosignálu medzi zatemňovacou úrovňou a úrovňou bielej u čiarového rastru 0,5 MHz mala hodnotu 100 IRE,

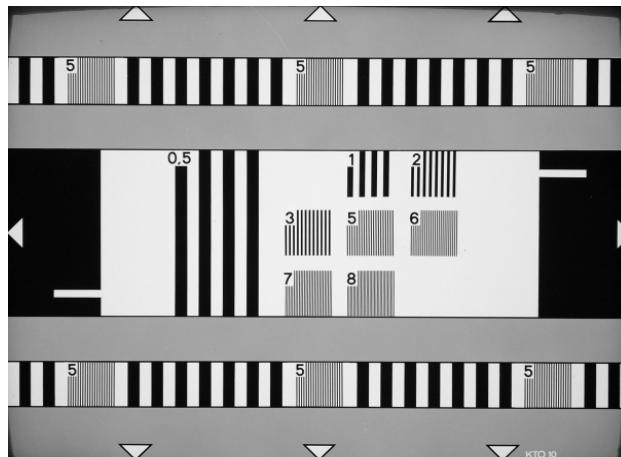
- na obrazovke osciloskopu sa sleduje priebeh videosignálu reprezentujúci odozvu kamery na zvolený čiarový raster,
- na rozlíšiteľných čiarových rastroch (napr. 1 až 7 MHz) sa stanoví miera modulácie (viď. Obr. 36, m vzťah 6) k získaniu priebehu MTF (Modulation Transfer Function – prenosová modulačná funkcia) celého zobrazovacieho systému (viď. Obr. 37),
- k určeniu horizontálneho rozlíšenia slúži klínový čiarový raster s číselnými hodnotami frekvencie videosignálu a TV riadky na výšku obrazu. Subjektívne možno horizontálne rozlíšenie určiť tak, že sa na obrazovke monitoru nájde riadok, na ktorom je klínový čiarový raster ešte rozlíšiteľný (biele priamky sa začínajú meniť vo svetle na šedé a čierne priamky na tmavo šedé). Číselná hodnota vedľa riadku udáva horizontálne rozlíšenie,
- pre stanovenie horizontálneho rozlíšenia možno využiť osciloskop, kedy sa na obrazovke osciloskopu sleduje priebeh videosignálu reprezentujúci odozvu kamery na zvolený riadok klínového čiarového rastra. Číselná hodnota vedľa riadku, na ktorom je klínový raster ešte rozlíšiteľný, alebo riadku na ktorom je hĺbka modulácie 5%\*, (podľa vzťahu 7, Obr. 47), udáva horizontálne rozlíšenie.



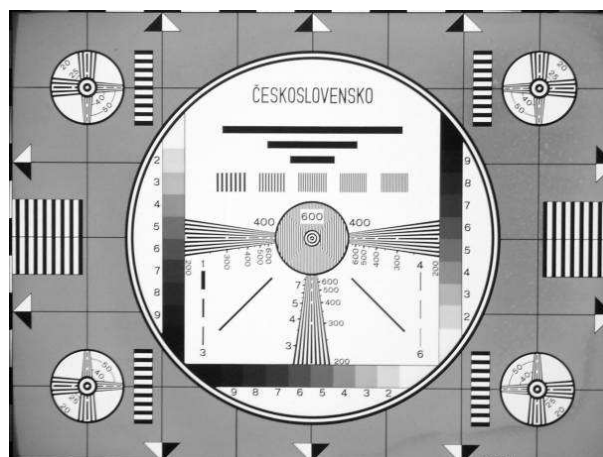
Obr. 55 Pracovisko pre testovanie kamier [7].

---

\* dľa EN 61146-1 Video Cameras (PAL/SECAM/NTSC) Methods of measurement Part 1: Non-broadcast single sensor cameras (IEC 1146-1, BS EN 61146-1)



Obr. 56 Rozlišovací čiarový obrazec KTO10 [7].



Obr. 57 Rozlišovací čiarový obrazec KTO10-3c [8].

## Vypracovanie

### Predmet skúšky

- Predmetom skúšky bola B/W CCD kamera WAT – 902H3 Supreme (v.č. W105AC 00710) v spojení s objektívom motorized zoom FUJINON D 12 x8A-YE2 (8 – 96mm) [PII]

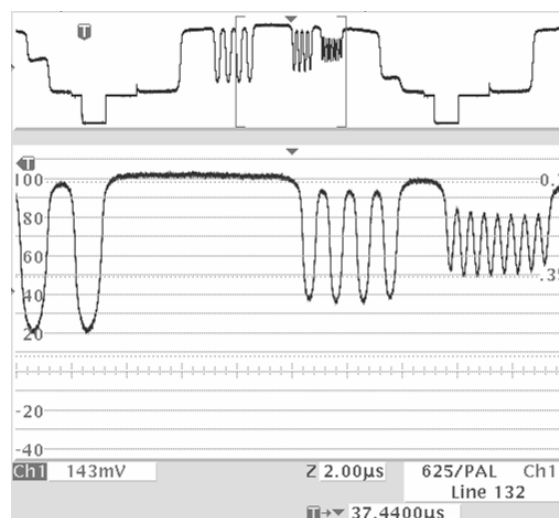
### Cieľ skúšky



Cieľom skúšky bolo stanoviť horizontálne rozlíšenie a modulačnú prenosovú funkciu kamery.

### Priebeh funkcie MTF

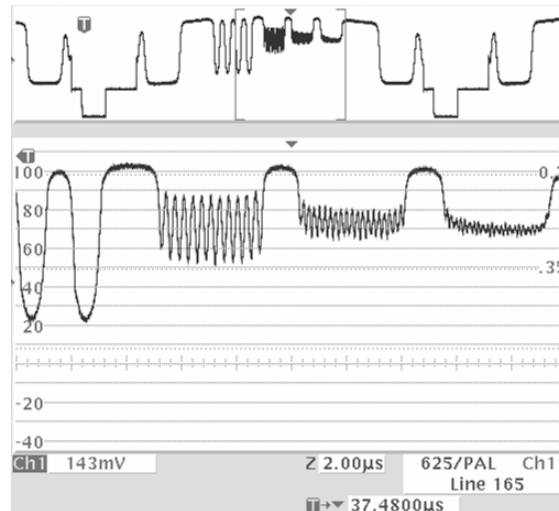
Nižšie uvedené priebehy videosignálu reprezentujú odozvy kamery na vybrané riadky rozlišovacieho čiarového obrazca KTO 10 (vid'. Obr. 37).



Obr. 58 Riadok 1: modulácia 100% (0,5MHz), modulácia 65,36% (1MHz), modulácia 36,22% (2MHz)

Tab. 9 MTF priestorovej frekvencie 0,5; 1 a 2 MHz/TVL

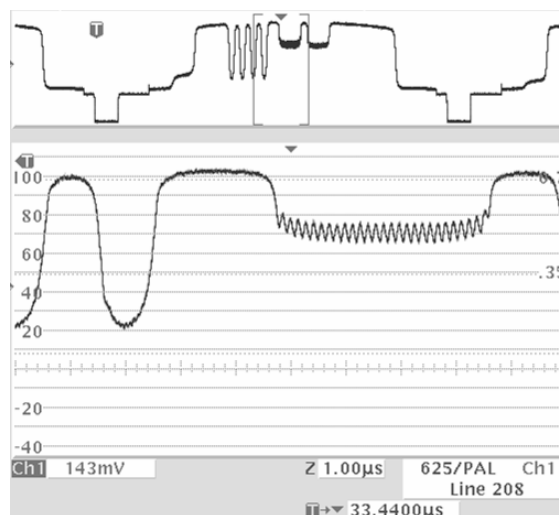
Priestorová frekvencia [MHz/TVL]	IRE	MTF [%]
0,5	92,1	100
1	60,2	65,36
2	33,4	36,22



Obr. 59 Riadok 2: modulácia 100% (0,5MHz), modulácia 37,17% (3MHz), modulácia 16,34% (5MHz), modulácia 12,37% (6MHz)

Tab. 10 MTF priestorovej frekvencie 0,5; 3; 5; a 6 MHz/TVL

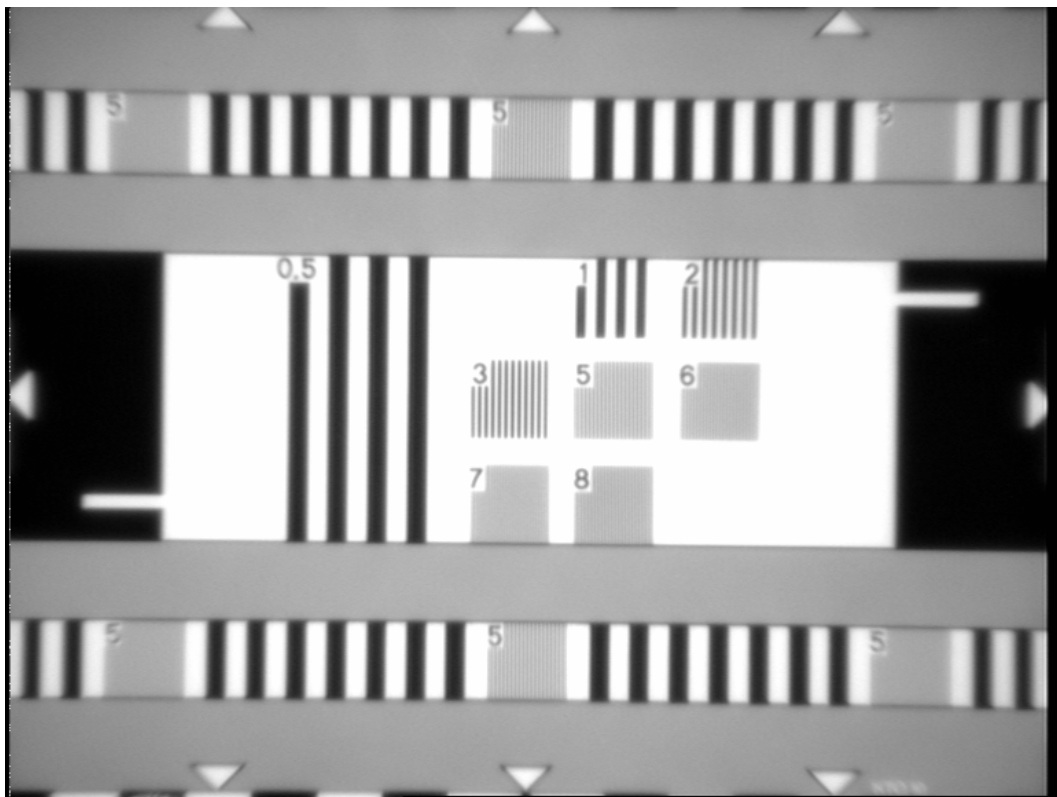
Priestorová frekvencia [MHz/TVL]	IRE	MTF [%]
0,5	92,1	100
3	34,2	37,17
5	15	16,34
6	11,4	12,37



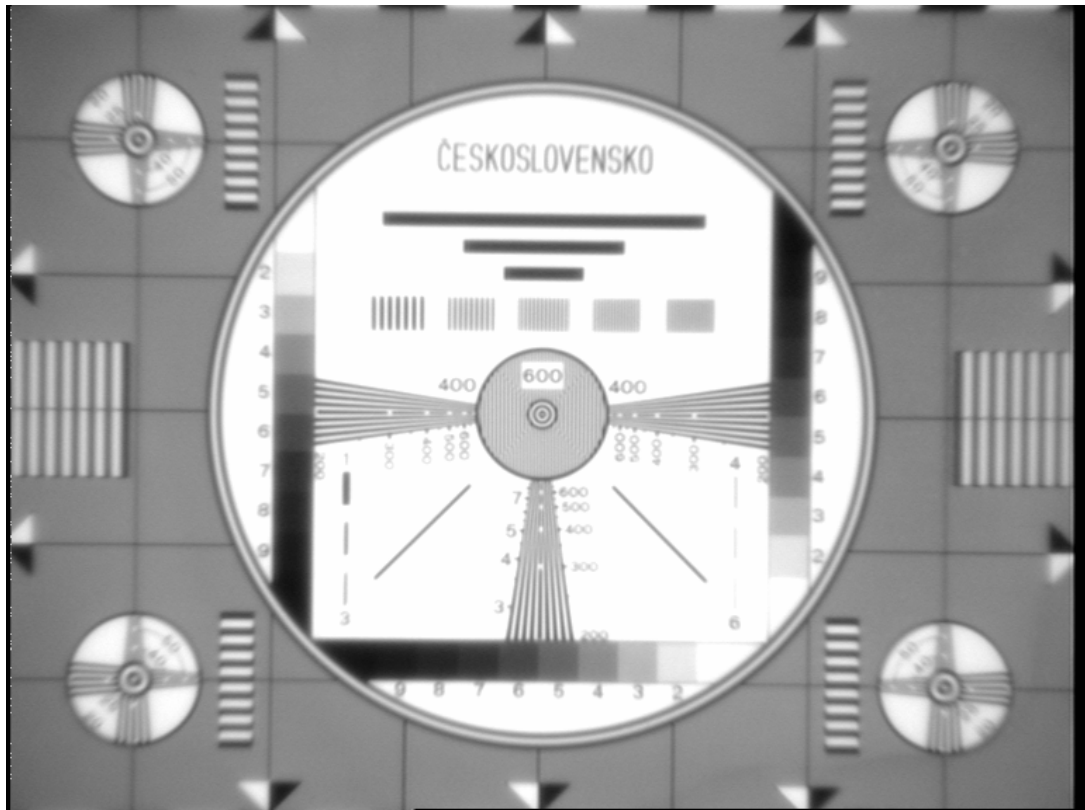
Obr. 60 Riadok 3: modulácia 100% (0,5MHz), modulácia 9,29% (7MHz), modulácia nie je rozlíšiteľná (8MHz)

Tab. 11 MTF priestorovej frekvencie 0,5; 7 a 8 MHz/TVL

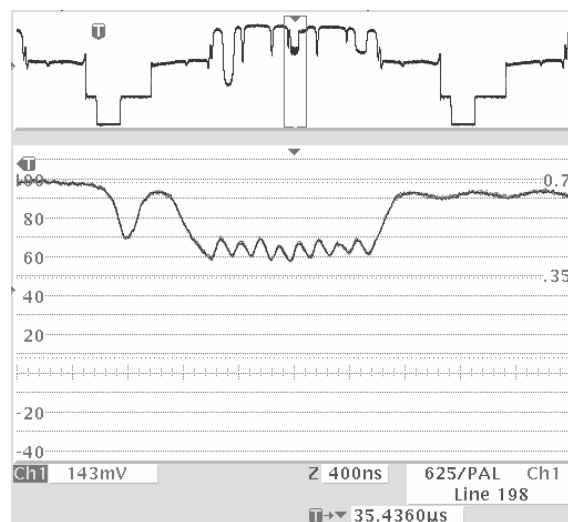
Priestorová frekvencia [MHz/TVL]	IRE	MTF [%]
0,5	92,1	100
7	8,5	9,29
8	nie je rozlíšiteľná	



Obr. 61 Obraz kamery pozorovaný na monitore



Obr. 62 Obraz kamery pozorovaný na monitore



Obr. 63 Riadok 570 TVL – 7,3 MHz (modulácia 8,60%)

Stanovenie horizontálneho rozlíšenia:

$$TVL = (2.52.7,30).0,75 = 570$$

TVL – počet horizontálnych riadkov na výšku,

52 – čas, za ktorý prejde snímač jeden aktívny riadok [ $\mu\text{s}$ ],

7,3 – frekvencia riadku obrazu (zobrazí sa na osciloskope) [MHz],

0,75 – formát obrazu 4:3

$$\text{Modulation} = \frac{M}{X} \times 100 \quad [\%]$$

$$573\text{T}VL = \Delta 7,92 \text{ IRE}$$

$$X = \Delta 92,1 \text{ IRE}$$

$$\text{MTF} = \frac{7,92}{92,1} \times 100 = 8,60\%$$

### Záver

Testom sme dokázali, že voľba objektívu výrazne ovplyvňuje funkcie kamery. Pri voľbe vhodného objektívu vychádzame zo vzdialenosti a veľkosti snímaného objektu a odtiaľ určíme potrebnú ohniskovú vzdialenosť.

## ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo uskutočniť základné merania vybraných parametrov televíznych kamier s prihliadnutím na potreby v priemysle komerčnej bezpečnosti.

Meranie sa uskutočnilo vo VTÚVM v Slavičine za odborného vedenia a pomoci. Predmetom merania bolo zostaviť pracovisko, podľa Obr. 33 a zmerať vybrané parametre, ktorými sú rozlišovaciu schopnosť, stanovenie horizontálneho rozlíšenia a citlivosť monochromatickej kamery za použitia dvoch rôznych objektívov.

Zistili sme, že ak kamera pracuje v plno automatickom móde, dochádza pri znižovaní úrovne osvetlenia k automatickému predlžovaniu doby otvorenia elektronickej uzávierky (Shutter speed) až na 1/50s. Ďalej je využívaná funkcia AGC (automatické riadenie zisku). Funkcia AGC udržiava konštantnú úroveň videosignálu jeho zosilňovaním a tým dochádza k zvyšovaniu svetelnej citlivosti. Spolu so zosilňovaním užitočného videosignálu sa však zosilňuje i šum, kamera teda poskytuje pozorovateľný obraz, ale ten je degradovaný šumom. Dôležitým parametrom je potom pomer signál/šum.

Ďalej sme zistili, že voľba objektívu výrazne ovplyvňuje funkcie kamery, čo sa nám podarilo i dokázať testom. Pri voľbe vhodného objektívu vychádzame zo vzdialenosti a veľkosti snímaného objektu a odtiaľ určíme potrebnú ohniskovú vzdialenosť. Zo svetelných podmienok vyplynú požiadavky na svetelnosť objektívu, ak nie je vzdialenosť a veľkosť snímaných objektov s premennou ohniskovou vzdialenosťou (tzv. motorzoom).

V priemysle komerčnej bezpečnosti pre pozorovanie veľkých vzdialeností odporúčame používať v zobrazovacej sústave kamera – objektív, objektív variofocus, či už s elektronicke riadenou clonou alebo s clonou ručne nastaviteľnou. Prednosťou týchto objektívov je možnosť dostavenia zorného poľa pri orezaní systému bez nutnosti výmeny objektívu za iný s inou ohniskovou vzdialenosťou.

Táto práca ponúka návod ako vytvoriť školské laboratórium pre testovanie televíznych kamier študentom Univerzity Tomáše Bati, ktoré by bolo veľkým prínosom v obore Bezpečnostné technológie, systému a management.

## CONCLUSION

The objective of the diploma thesis was to perform basic measurements of selected parameters of TV cameras with regard to the needs of commercial security business.

The measurements were made in VTÚVM (Military Institute for Weapon and Ammunition Technology) in Slavičín under professional guidance and help. The subject of the measurements was to organize a workplace, according to Fig. 33 and to measure selected parameters – display resolution, determination of horizontal resolution and sensitivity of monochromatic camera using two different lens.

We have found that if the camera works in a fully automated mode when the illuminance level is lowered the time of opening of the electronic shutter (shutter speed) is automatically prolonged up to 1/50s. Also the AGC function (Automatic Generation Control) is used. The AGC function keeps a constant level of video signal by its amplification and thus the light sensitivity is increased. However along with the amplification of the useful video signal also the signal noise becomes higher so the camera offers an observable picture but it is degraded by the noise. Then the signal/noise ratio is an important parameter.

We have also found that the selection of lens significantly affects the functions of the camera and we have managed to prove it by a test. We base the selection of suitable lens on the distance and size of the scanned object and thus we determine the necessary focal distance. Requirements for lens speed follow from light conditions unless the distance and size of the scanned objects is with variable focal distance (the so-called motor zoom).

In the commercial security business for monitoring of large distances we recommend to use variofocal lenses with electronically controlled or manually adjustable hood in the imaging set camera – lens. The benefit of these lenses lies in the possibility to adjust the visual field by trimming the system without having to replace the lens by another one with a different focal distance.



This paper offers an outline how to establish a school laboratory for testing of TV cameras for the students of Tomas Bata University which would be a benefit in the branch Security Technologies, System and Management.

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

- [1] Vít, V.:Televizní technika přenosové barevné soustavy. Praha: BEN-technická literatúra, 1. vydanie, 1997. ISBN 80-86056-04-X.
- [2] Křeček a kol, S.:Příručka zabezpečovací techniky. Blatná: Blatenská tiskárna, 2. vydanie, 2003. ISBN 80-902938-2-4.
- [3] Rieke, G.:Detection of light, 2nd edition, Cambrige University Press, 2003. ISBN 0521 01710 6.
- [4] Křeček, S.:Ochrana majetku systémy průmyslové televize. Praha: Grada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-402-9.
- [5] Simonds, L.:Monochrome camera test, Security Elecronics, 2006, str. 26.
- [6] Firemná literatúra, VTÚVM Slavičín, Osobné zdelenie
- [7] Firemná literatúra, VTÚVM Slavičín, Stanovení modulační přenosové funkce TV kamery, Metodika č. 1.
- [8] Firemná literatúra, VTÚVM Slavičín, Stanovení horizontálního rozlišení TV kamery (TVL), Metodika č. 2.
- [9] Firemná literatúra, VTÚVM Slavičín, Stanovení citlivosti TV kamery (TVL), Metodika č. 3.

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK**

CCD	Charge Coupled Devices – obrazový snímač
CMOS	Complementary Metal Oxid Semiconductor – obrazový snímač
AWB	Automatic White Balance - je funkcia, ktorá u kamery zaisťuje správne podanie farieb
BLC	Black Light Compensation - obvod k eliminácii protisvetla (BLC) dokáže čiastočne vylúčiť dôsledky nevhodného umiestenia kamery so silným zdrojom svetla v zornom poli kamery
KTO10	Rozlišovací čiarový obrazec
KTO10-3c	Rozlišovací čiarový obrazec
IRE	Relatívna jednotka zavedená v televíznej technike
MTF	Modulation Transfer Function – modulačná prenosová funkcia zobrazovacej sústavy
TVL	Počet horizontálnych riadkov na výšku

## ZOZNAM OBRÁZKOV

OBR. 1 DĚLKY ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN .....	12
OBR. 2 ROZKLAD SLNEČNÉHO SVETLA HRANOLOM.....	12
OBR. 3 ROZLOŽENIE ENERGIE RÔZNYCH SVETIEL .....	14
OBR. 4 FAREBNÉ FILTRE KRIVKY ČINITEĽA SPEKTRÁLNEJ PRIEPUSTNOSTI T .....	14
OBR. 5 FARBA PREDMETOV A KRIVKY ČINITEĽA SPEKTRÁLNEHO ODRAZU P.....	15
OBR. 6 DICHROICKÉ ZRKADLÁ, ICH ČINITEĽA SPEKTRÁLNEJ PRIEPUSTNOSTI T A ČINITEĽA SPEKTRÁLNEHO ODRAZU P .....	16
OBR. 7 POMERNÁ SVETELNÁ ÚČINNOSŤ ALEBO CITLIVOSŤ OKA PRE MONOCHROMATICKÉ ŽIARENIA RÔZNYCH DĚŽOK A ROVNAKÉ ENERGIE PRI DOSTATOČNOM JASE (FOTOPICKÉ VIDENIE); VÝZNAM ZÁKLADNÝCH TELEVÍZNYCH FARIEB ( $R_E$ ), ( $G_E$ ), ( $B_E$ ). 17	
OBR. 8 STANOVENIE SVETELNÉHO TOKU Z VÝKONOV MONOCHROMATICKÝCH ZLOŽIEK $W_\lambda$ A Z POMERNEJ ÚČINNOSTI $S_\lambda$ .....	19
OBR. 9 SCHEMATICKÝ PRIEREZ ĽUDSKÝM OKOM A ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA TELEVÍZNEJ CCD KAMERY .....	22
OBR. 10 VNÍMANÉ JASOVÉ ROZSAHY PRI RÔZNOM SKUTOČNOM JASE.....	23
OBR. 11 ABSOLÚTNY (A) A RELATÍVNY JAS (B) .....	24
OBR. 12 STRATA FAREBNEJ ROZLIŠOVACEJ SCHOPNOSTI U DROBNÝCH DETAILOV.....	27
OBR. 13 ZÁKLADNÉ FARBY PRE PRENOS FAREBNEJ TELEVÍZIE A OBLASŤ DOSIAHNUTEĽNÝCH FARIEB; POLOHA BIELYCH SVETIEL $W$ , $C$ , $D_{6500}$ .....	29
OBR. 14 SPEKTRÁLNE TROJFAREBNÉ ČINITEĽE TELEVÍZNYCH ZÁKLADNÝCH FARIEB ( $R_E$ ), ( $G_E$ ), ( $B_E$ ) PRE SPEKTRÁLNE FARBY NORMALIZOVANÉHO SVETLA $C$ .....	30
OBR. 15 PRINCÍP TELEVÍZNEHO PRENOSU .....	33
OBR. 16 ČÍSLICOVÉ SPRACOVANIE TELEVÍZNEHO SIGNÁLU PRE MODULÁCIU PCM; RZ = NÁVRAT K NULE PRI SLEDE BITOV II .....	35
OBR. 17 ROZLOŽENIE A VYTVORENIE OBRAZU RIADKOVANÍM BEZ PREKLADANIA.....	36
OBR. 18 ROZDIEL MEDZI TELEVÍZORMI S RÔZNYM POČTOM RIADKOV PRE JEDEN SNÍMOK A) STARÁ SÚSTAVA S POMEROM STRÁN 4:3 A 625 RIADKAMI; B) NOVÁ SÚSTAVA S POMEROM STRÁN 16:9 A 1250 RIADKAMI .....	38
OBR. 19 OBRAZOVÝ SIGNÁL DOPLNENÝ RIADKOVÝMI ZATEMŇOVACÍMI IMPULZMI .....	39
OBR. 20 PRIEBEHY OBRAZOVÉHO SIGNÁLU V RÔZNYCH RIADKOV SNÍMANÉHO OBRAZU; PRIEBEHOM A) AŽ E) PRÍSLUŠÍ RÔZNA JEDNOSMERNÁ ZLOŽKA $U_s$ .....	40
OBR. 21 MAXIMÁLNE ROZLIŠENIE OBRAZOVÝCH PRVKOV V ZVISLOM A VODOROVNOM SMERE PRI POMERE STRÁN 3:4; RIADKOVANIE NIE JE PREKLADANÉ, RIADKY SÚ NAKRESLENÉ TESNE VEDĽA SEBA.....	41
OBR. 22 PREKLADANÉ RIADKOVANIE S POLSNÍMKOVÝM SPÄTNÝM BEHOM ROVNÝM RIADKOVÉMU SPÄTNÉMU BEHU .....	42

OBR. 23 ROZLOŽENIE RIADKU V ZOSYNCHRONIZOVANOM SNÍMKU; ŠEDÝM RASTROM SÚ VYZNAČENÉ POLSNÍMKOVÉ ZATEMŇOVACIE INTERVALY .....	43
OBR. 24 SKUTOČNÁ DRÁHA LÚČA V POLSNÍMKOVOM SPÄTNOM BEHU MEDZI NEPARNÝM A PÁRNÝM POLSNÍMKOM .....	44
OBR. 25 VÝVOJOVÁ RADA FORMÁTOV CCD ČIPOV (ROZMERY SÚ V MM) .....	47
OBR. 26 FAREBNÝ CCD ČIP S BAYEROVOU MASKOU .....	64
OBR. 27 ROZLOŽENIE FAREBNÝCH FILTROV CCD SNÍMAČA.....	65
OBR. 29 INTERPOLÁCIA FARIEB Z JEDNOTLIVÝCH ELEMENTOV .....	66
OBR. 30 FULL FRAME ČIP .....	68
OBR. 31 INTERLINE TRANSFER .....	69
OBR. 32 INTERLACED READ .....	70
OBR. 33 LABORATÓRIUM, V KTOROM BOLO USKUTOČNENÉ MERANIE .....	75
OBR. 34 PRACOVISKO PRE TESTOVANIE KAMIER .....	77
OBR. 35 ROZLIŠOVACÍ ČIAROVÝ OBRAZEC KTO10 .....	77
OBR. 36 MIERA MODULÁCIE K PRIEBEHU MTF .....	77
OBR. 37 MTF CELÉHO ZOBRAZOVACIEHO SYSTÉMU .....	78
OBR. 39 RIADOK 1: MODULÁCIA 100% (0,5MHZ), MODULÁCIA 96,5% (1MHZ), MODULÁCIA 72,2% (2MHZ).....	79
OBR. 40 ZÁKLADNÉ ÚROVNE TV SIGNÁLU (BEZ FARBYNOSNEJ INFORMÁCIE, 143 IRE, NASTAVENIE ČIERNEJ 7,5 IRE).....	80
OBR. 41 RIADOK 2: MODULÁCIA 100% (0,5MHZ), MODULÁCIA 46,9% (3MHZ), MODULÁCIA 22,1% (5MHZ), MODULÁCIA 16,1% (6MHZ) .....	81
OBR. 42 RIADOK 3: MODULÁCIA 100% (0,5MHZ), MODULÁCIA 16,1% (7MHZ), MODULÁCIA NIE JE ROZLIŠITEĽNÁ (8MHZ) .....	81
OBR. 43 VINĚTACE OBJEKTÍVU (CLONOVÉ ČÍSLO 1.4) – CLONA MAXIMÁLNE OTVORENÁ (RIADOK ÚPLNE HORE: 5 MHZ, 0,5 MHZ, 5 MHZ).....	82
OBR. 44 OBRAZ KAMERY POZOROVANÝ NA MONITORE.....	83
OBR. 45 PRACOVISKO PRE TESTOVANIE KAMIER .....	85
OBR. 46 ROZLIŠOVACÍ ČIAROVÝ OBRAZEC KTO-3C .....	85
OBR. 47 MIERA MODULÁCIE K PRIEBEHU MTF .....	86
OBR. 49 RIADOK 573 TVL – 7,35 MHZ (MODULÁCIA 17,4%) .....	87
OBR. 50 OBRAZ KAMERY POZOROVANÝ NA MONITORE.....	88
OBR. 51 A) PRIEBEH VIDEOSIGNÁLU VYZNAČENÉHO RIADKU PRI OSVETLENÍ 3,67 LX .....	90
OBR. 52 B) PRIEBEH VIDEOSIGNÁLU VYZNAČENÉHO RIADKU PRI OSVETLENÍ 7,65 MLX .....	91
OBR. 53 OBRAZ KAMERY POZOROVANÝ NA MONITORE PRI 100 IRE .....	92
OBR. 54 OBRAZ KAMERY POZOROVANÝ NA MONITORE PRI 50 IRE .....	92
OBR. 55 PRACOVISKO PRE TESTOVANIE KAMIER .....	95
OBR. 56 ROZLIŠOVACÍ ČIAROVÝ OBRAZEC KTO10 .....	96
OBR. 57 ROZLIŠOVACÍ ČIAROVÝ OBRAZEC KTO10-3C .....	96

---

OBR. 58 RIADOK 1: MODULÁCIA 100% (0,5MHZ), MODULÁCIA 65,36% (1MHZ), MODULÁCIA 36,22% (2MHZ).....	97
OBR. 59 RIADOK 2: MODULÁCIA 100% (0,5MHZ), MODULÁCIA 37,17% (3MHZ), MODULÁCIA 16,34% (5MHZ), MODULÁCIA 12,37% (6MHZ).....	98
OBR. 60 RIADOK 3: MODULÁCIA 100% (0,5MHZ), MODULÁCIA 9,29% (7MHZ), MODULÁCIA NIE JE ROZLIŠITEĽNÁ (8MHZ).....	98
OBR. 61 OBRAZ KAMERY POZOROVANÝ NA MONITORE.....	99
OBR. 62 OBRAZ KAMERY POZOROVANÝ NA MONITORE.....	100
OBR. 63 RIADOK 570 TVL – 7,3 MHZ (MODULÁCIA 8,60%).....	100

**ZOZNAM TABULIEK**

TAB. 1 FORMÁTY CCD ČIPOV .....	47
TAB. 2 CITLIVOSŤ KAMERY S OBJEKTÍVOM DANÉHO CLONOVÉHO ČÍSLA .....	48
TAB. 3 TYPICKÉ HODNOTY INTENZITY OSVETLENIA VO VONKAJŠOM PROSTREDÍ A V INTERIÉRI .....	49
TAB. 4 VYBAVENIE OBJEKTÍVOV .....	59
TAB. 5 MTF PRIESTOROVEJ FREKVENCIE 0,5; 1; A 2 MHZ/TVL .....	79
TAB. 6 MTF PRIESTOROVEJ FREKVENCIE 0,5; 3; 5; A 6 MHZ/TVL .....	81
TAB. 7 MTF PRIESTOROVEJ FREKVENCIE 0,5; 7; A 8 MHZ/TVL .....	82
TAB. 8 PRIEBEH FUNKCIE MTF (PRENOS MODULÁCIE) ZOBRAZOVACIEHO SYSTÉMU .....	83
TAB. 9 MTF PRIESTOROVEJ FREKVENCIE 0,5; 1 A 2 MHZ/TVL .....	97
TAB. 10 MTF PRIESTOROVEJ FREKVENCIE 0,5; 3; 5; A 6 MHZ/TVL .....	98
TAB. 11 MTF PRIESTOROVEJ FREKVENCIE 0,5; 7 A 8 MHZ/TVL .....	99

**ZOZNAM PRÍLOH**

- [PI] kamera Wat-902H3 SUPREME CCIR W105AC 00710
- [PI] OBJEKTÍV FUJINON HF35SA-1 (35mm, F1.4)
- [PIII] OBJEKTÍV, MOTORIZED ZOOM FUJINON 12 x 8A-YE2 (8 – 96mm)
- [PIV] ZÁKLADNÉ PAREMTRE OBJEKTÍVU MOTORIZED ZOOM FUJINON 12 x 8A-YE2 (8 – 96mm)



# PRÍLOHA PI: KAMERA WAT-902H3 SUPREME CCIR W105AC 00710

## WAT-902H 2 / 3 SUPREME

### SPECIFICATIONS

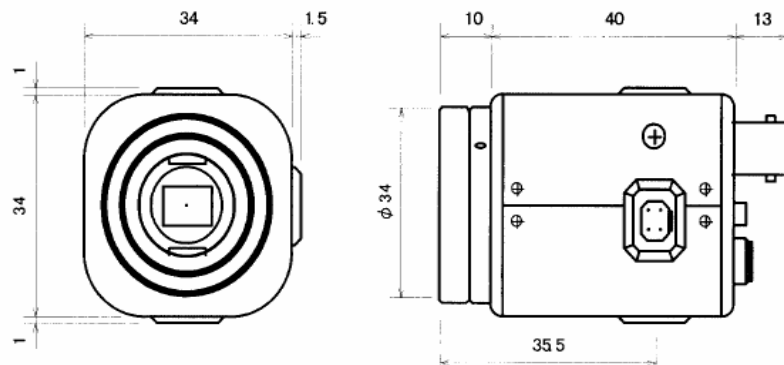
Model	WAT-902H2 SUPREME (EIA)	WAT-902H2 SUPREME (CCIR)
Pick-up element	1/2" interline transfer CCD image sensor	
Number of total pixels	811(H) × 508(V)	795(H) × 596(V)
Number of effective pixel	768(H) × 494(V)	752(H) × 582(V)
Unit cell size	8.4um(H) × 9.8um(V)	8.6um(H) × 8.3um(V)
Shutter speeds	EI: 1/60 sec. - 1/100,000 sec. FL: 1/100 sec. OFF: 1/60 sec.	EI: 1/50 sec. - 1/100,000 sec. FL: 1/120 sec. FL: 1/50 sec.
Minimum illumination	0.0003 lx F1.4 (AGC HI)	

Model	WAT-902H3 SUPREME (EIA)	WAT-902H3 SUPREME (CCIR)
Pick-up element	1/3" interline transfer CCD image sensor	
Number of total pixels	811(H) × 508(V)	795(H) × 596(V)
Number of effective pixel	768(H) × 494(V)	752(H) × 582(V)
Unit cell size	6.35um(H) × 7.40um(V)	6.50um(H) × 6.25um(V)
Shutter speeds	EI: 1/60 sec. - 1/100,000 sec. FL: 1/100 sec. OFF: 1/60 sec.	EI: 1/50 sec. - 1/100,000 sec. FL: 1/120 sec. FL: 1/50 sec.
Minimum illumination	0.0005 lx F1.4 (AGC HI)	

Common specifications	
Synchronizing system	Internal sync.
Video output	1Vp-p, 75ohms, unbalanced
Resolution (H)	570TVL (Center)
S/N ratio	46dB (AGC OFF)
AGC	HI: 5-50dB, LO: 5-32dB
Back light compensation	ON (Center + lower)
Gamma correction	0.45
Power supply	DC12V±10%
Current	160mA
Operating temperature	-10°C - +40°C
Storage temperature	-30°C - +70°C
Dimensions(W×H×L)	35.5 × 36 × 63 (mm)
Weight	90g

\*Design and specifications are subject to change without notice.

### DIMENSIONS (mm)



## PRÍLOHA II: OBJEKTÍV FUJINON HF35SA-1 (35MM, F1.4).



**For FA/Machine Vision**  
Fixed Focal

# HF25SA-1

Applicable camera (model)

1	2/3	1/2	1/3	1/4
---	-----	-----	-----	-----

FIXED  
Fixed Focal

5  
Mega  
For Megapixel  
Camera

MANUAL  
Manual Iris

C-mt  
C Mount

METAL  
Metal Mount

F1.4  
Wide Aperture  
Rate

**NEW**



- High-resolution design, providing support for up to 5 megapixel camera resolution.
- Wide-aperture (F1.4) design achieves clear images under low light intensity.
- Enhanced image recognition accuracy achieved by reduction of distortion and improvement of illumination uniformity.
- Robust enclosure resistant to vibrations and shocks. Equipped with locking knobs for the iris and the focus.



Unit : mm

Focal Length (mm)		25	Remarks · With Metal Mount · With Locking Knob for Iris and Focus
Iris Range		F1.4 ~ F22	
Operation	Focus	Manual	
	Iris	Manual	
Angle Of View (H×V)	2/3"	19°58' × 15°02'	
	1/2"	14°35' × 10°58'	
	1/3"	10°58' × 8°14'	
Focusing Range (From Front Of The Lens) (m)		∞ ~ 0.1	
Object Dimensions at M.O.D. (H×V) (mm)	2/3"	44 × 33	
	1/2"	32 × 24	
	1/3"	24 × 18	
Back Focal Distance (in air) (mm)		22.32	
Exit Pupil Position (From Image Plane) (mm)		-140	
Filter Thread (mm)		M49 × 0.75	
Mount		C	
Mass (g)		315	



**For FA/Machine Vision**  
Fixed Focal

# HF35SA-1

Applicable camera (model)

1	2/3	1/2	1/3	1/4
---	-----	-----	-----	-----

FIXED  
Fixed Focal

5  
Mega  
For Megapixel  
Camera

MANUAL  
Manual Iris

C-mt  
C Mount

METAL  
Metal Mount

F1.4  
Wide Aperture  
Rate

**NEW**



- High-resolution design, providing support for up to 5 megapixel camera resolution.
- Wide-aperture (F1.4) design achieves clear images under low light intensity.
- Enhanced image recognition accuracy achieved by reduction of distortion and improvement of illumination uniformity.
- Robust enclosure resistant to vibrations and shocks. Equipped with locking knobs for the iris and the focus.



Unit : mm

Focal Length (mm)		35	Remarks · With Metal Mount · With Locking Knob for Iris and Focus
Iris Range		F1.4 ~ F22	
Operation	Focus	Manual	
	Iris	Manual	
Angle Of View (H×V)	2/3"	14°20' × 10°46'	
	1/2"	10°27' × 7°51'	
	1/3"	7°51' × 5°53'	
Focusing Range (From Front Of The Lens) (m)		∞ ~ 0.2	
Object Dimensions at M.O.D. (H×V) (mm)	2/3"	50 × 38	
	1/2"	37 × 27	
	1/3"	27 × 21	
Back Focal Distance (in air) (mm)		14.99	
Exit Pupil Position (From Image Plane) (mm)		-37	
Filter Thread (mm)		M49 × 0.75	
Mount		C	
Mass (g)		185	

# PRÍLOHA PIII: OBJEKTÍV, MOTORIZED ZOOM FUJINON 12 X 8A- YE2 (8 – 96MM)



**For Security  
Zoom**

Applicable camera (model)

## D12x8A-SE2

1	2/3	1/2	1/3	1/4

**ZOOM**  
Zoom

**WIDE**  
Wide Angle

**TELE**  
Telephoto  
Long Focal

**MOTOR  
DRIVE**  
Motor Drive

**DC**  
DC Auto Iris

**CS-mt**  
CS Mount

**METAL**  
Metal Mount

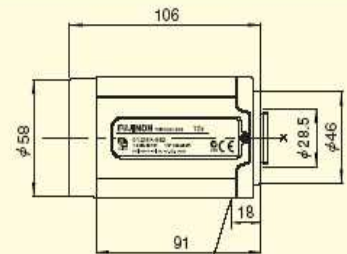
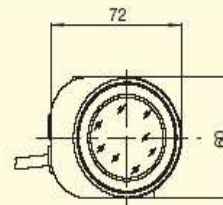
**ND**  
ND Filter

12x

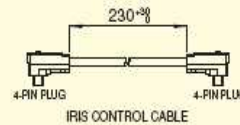


\*Photograph is a similar model.

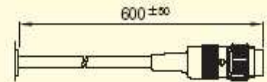
- Standard zoom lens with the excellent cost performance
- Multiple power supply (6V, ±6V, 12V, ±12V) supported, enabling the use of existing control systems
- Built-in ND filter of T400, supporting super sensitive cameras



TRIPOD ATTACHING SCREW  
(1/4-20 UNC)



IRIS CONTROL CABLE



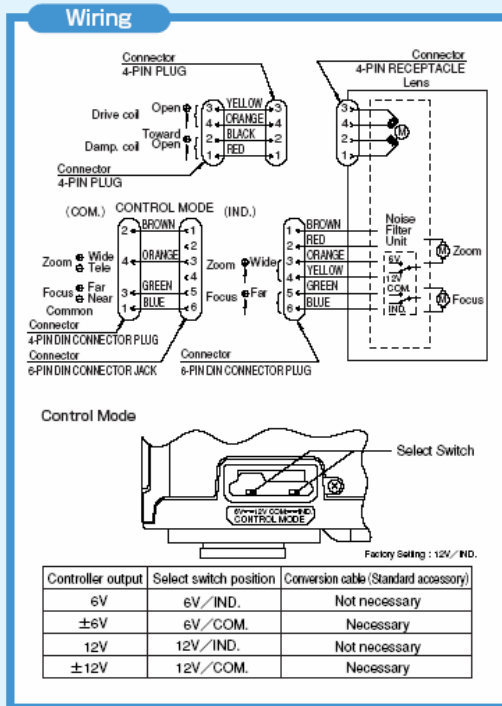
ZOOM & FOCUS CONTROL CABLE  
(6-PIN DIN CONNECTOR PLUG)

Unit : mm

# PRÍLOHA IV: ZÁKLADNÉ PARAMETRE OBJEKTÍVU

## MOTORIZED ZOOM FUJINON 12 X 8A-YE2 (8 – 96MM)

Focal Length (mm)		8~96 (12×)	
Iris Range		F2.0 ~ T400 (Equivalent to F400)	
Operation	Zoom	Motor Drive	
	Focus	Motor Drive	
	Iris	Auto (DC Type) (*1)	
Angle Of View (H×V)	1/2"	WIDE	43°36' × 33°24'
		TELE	3°49' × 2°52'
	1/3"	WIDE	33°24' × 25°22'
		TELE	2°52' × 2°09'
	1/4"	WIDE	25°22' × 19°09'
		TELE	2°09' × 1°37'
Focusing Range (From Front Of The Lens) (m)		∞ ~ 1.3	
Object Dimensions at M.O.D. (H×V) (mm)	1/2"	WIDE	1003 × 753
		TELE	84 × 63
	1/3"	WIDE	752 × 565
		TELE	63 × 47
1/4"	WIDE	564 × 424	
	TELE	47 × 35	
Back Focal Distance (in air) (mm)		16.22	
Exit Pupil Position (From Image Plane) (mm)		-51	
Filter Thread (mm)		M55 × 0.75	
Mount		CS	
Mass (g)		330	
Coil Resistance		Drive Coil	180Ω
		Damping Coil	720Ω
Current Consumption		24mA (Max.) at DC 4V	
Standard Accessories		Iris Control Cable Conversion Cable (6-pin→4-pin) Connection Connector (4-pin, 6-pin)	
Remarks		* With Metal Mount (*1) When power is turned off, iris will automatically be closed.	



### Accessories

#### Close-up Lens

Product Name	CL3355	CL10055
	(M55×0.75mm fc=333mm)	(M55×0.75mm fc=1000mm)
Imaging Scope (mm)	333~250	1000~500
Camera Image Size Range	1/2"	1/2"
	1/3"	1/3"
	1/4"	1/4"
Object Dimensions (mm)	TELE 1/2"	17×13
	1/3"	13×10
	1/4"	10×7
	WIDE 1/2"	436×327
	1/3"	327×245
	1/4"	245×184

#### Control Unit

Product Name	CRD-2A	CRD-2B
Operation	Zoom, Focus	
Power Source	AC 100V/120V/220V/240V 50/60Hz	

#### AC Power Cord

Japan	PCA-1
U.S.A./Canada	PCA-2
Continental Europe	PCA-3
Australia	PCA-4
Without AC Plug	PCA-5

#### Extension Cable

CRD-2A	CEC-AA102-11 (10m) CEC-AA202-11 (20m)
CRD-2B	CEC-AB102-11 (10m) CEC-AB202-11 (20m)