

## MISA – Projekt

Zadanie pozostáva z dvoch častí:

1. teoretická časť - v tejto časti máte popísať v rozsahu max. 10 strán čo a ako ste použili. Typicky tu býva uvedený popis periférnych obvodov, ktoré ste pripojili k mikroprocesoru, použité periferie mikropočítača, dôležité registre s popisom jednotlivých bitov atď. (max. 20b.)

Dokumentáciu budete písať do wiki-stránky, prihlasovacie meno a heslo sa dozviete na cvičení.

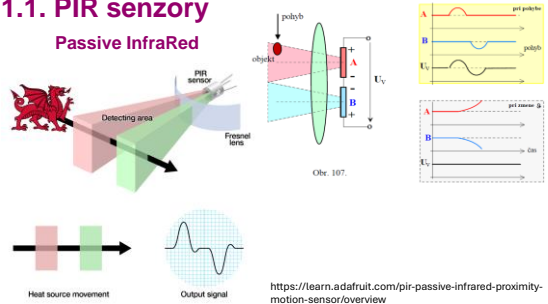
2. program - okrem predvedenia programu cvičiacemu je potrebné napísať k nemu tiež krátky popis, alebo vývojový diagram. Môže byť súčasťou prvej časti zadania. (max. 20 b.)

Termín na odovzdanie je na dohode s cvičiacim, najneskôr do skúšky. Na zadani môžete pracovať priebežne, alebo sa dohodnete s cvičiacim na súvislej práci v laboratóriu (napr. jeden celý deň).

POZOR: niektoré zadania vyžadujú prípravu aj od cvičiaceho, nečakajte preto, že prídete a budete mať všetko na prácu nachystané -- treba sa vopred dohodnúť.

1

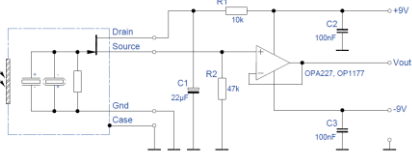
## 11.1. PIR senzory Passive InfraRed



2

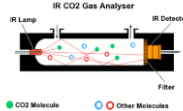
## 11.1. PIR senzory

- LiTbO4
- IR filter
- 2 – 14 μm
- R<sub>vis</sub> 10 GΩ
- duálny senzor – kompenzácia
- IR vysielateľ + detektor



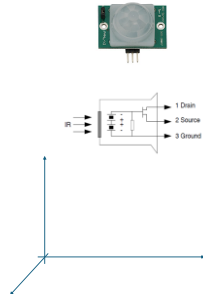
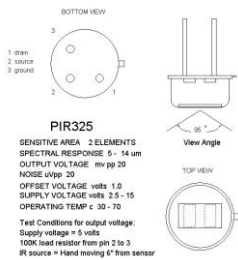
3

## 11.1. PIR senzory aplikácie



4

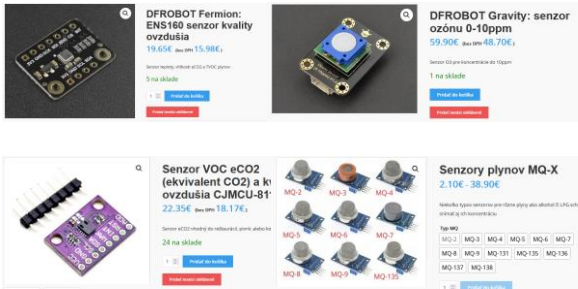
## 11.1. PIR senzory



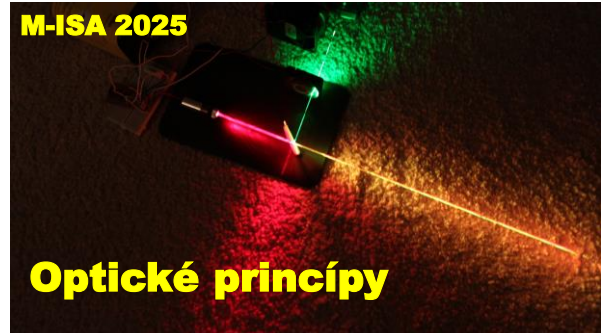
5



6

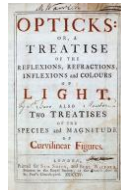
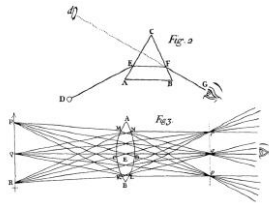


7



8

## Opticks – Isaac Newton



Isaac Newton: Opticks: Or, A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light. The Second Edition, with Additions (London: 1718)

9

## Svetlo light

Elektromagnetické vlny v rozsahu 360 až 780 nm, ktoré vyvolávajú u človeka zrakový vnem.

Vlastnosti svetla môžeme opísať

- kvalitatívne - spektrum, polarizácia, koherencia...
- kvantitatívne - fotometria

11

## Senzory s optickým princípom

Využívajú svetelný tok v rôznej podobe na vytvorenie výstupného signálu.

- **fotoelektrické** – geometrická optika a ovplyvňovanie svetelného toku meranou veľičinou, menšia dynamika
- **optoelektronické** – aj vlnová podstata svetla, vysoká dynamika, väčšie nároky na zdroje a snímače svetla
- **ostatné** – spolupracujú s inými princípmi (akustooptika)

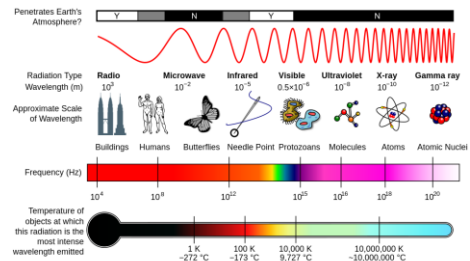
Podľa činnosti:

- **spojité** – spojená zmena výstupu
- **dvojhodnotové** – len "svetlo - tma" (max. a min.)
- **impulzné** – periodický dvojhodnotový režim

10

## Spektrum

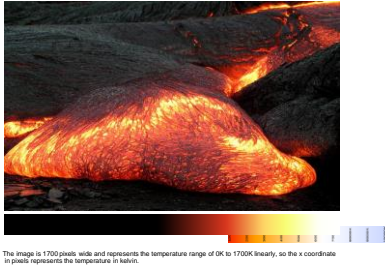
kvalitatívne vlastnosti - **spektrum**, polarizácia, koherencia



12

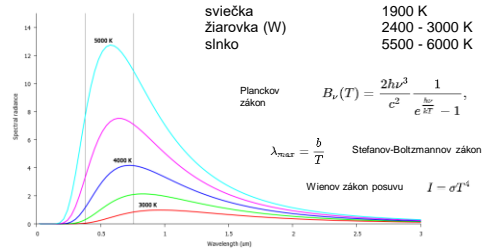
## Vyžarovanie čierneho telesa

black body radiation



13

## Vyžarovanie čierneho telesa



14

## Teplota chromatičnosti

(farebná teplota)

Fiktívna teplota zdroja svetla v [K]:

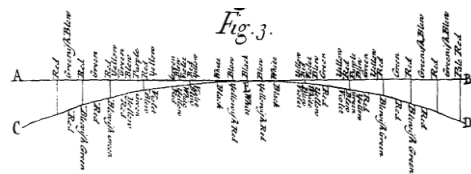
- sviečka 1900 K
- žiarovka (tungsten) 2400 - 3000 K
- slnko 5500 - 6000 K
- zmarač. obloha 6400 - 7000 K
- biele LED 6500 - 8000 K
- modrá obloha 13 000 K



Poznámka: Paradoxne sa "teplými farbami" nazývajú tie, ktoré majú nízku farebnú teplotu.

15

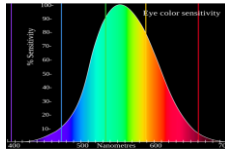
## Spektrálna charakteristika



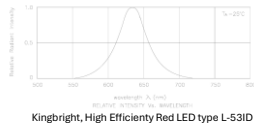
16

## Spektrálna charakteristika

- Viditeľné
- IR - Infrared
  - časté využitie pre senzory (760nm)
- UV - Ultraviolet
  - výbojky, špeciálne oblasti (380nm)



monochromatické žiarenie  
- LED a laserové diódy

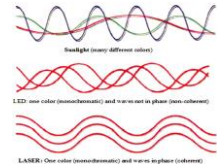
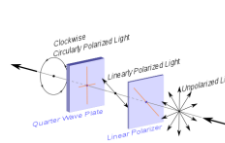


17

## Polarizácia a koherencia

kvalitatívne vlastnosti - spektrum, **polarizácia, koherencia**

- polarizované žiarenie (svetlo) - obsahuje kmitanie len v jednej rovine
- koherentné žiarenie - všetky elementárne lúče sú navzájom vo fáze, vznikajú v rovnakom čase v rovnakom mieste (lasery), nutná podmienka je monochromatickosť žiarenia



18

## Základné fotometrické veličiny

kvantitatívne vlastnosti - fotometria

Veličina	Jednotka	Definícia	Vzťahy
žiarivý tok $\Phi_e$ radiant power	Watt [W]	Množstvo energie prenesené cez plochu za jednotku času.	
svetelný tok $\Phi$ luminous flux	Lumen [lm] = cd·sr	Bodový zdroj svetlosti 1cd do uhla 1 steradian. Vzhľadom na oko.	$\Phi = I \cdot \Omega$
svietivosť $I$ luminous intensity	Kandela [cd]	Svietivosť v smere zdroja, monošararenie $540 \cdot 10^{12}$ Hz, žiarivosť 1/683 W/sr.	Základná veličina SI
jas $L$ luminance	[cd/m <sup>2</sup> ] stair: [nit]	Podiel svetlosti a zdanlivej plochy A (úhlový priemer) v danom smere.	$L = I / A$
Intenzita osvetlenia $E$ illuminance	Lux [lx] = lm/m <sup>2</sup>	Podiel svetelného toku $\Phi$ a plochy A na ktorú dopadá.	$E = \Phi / A$

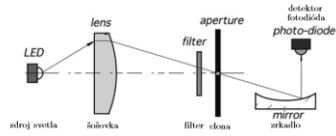
Pozn. "ANSI Lumen" merané na viac miestach → spriemerovanie (projektory)

19

## Optické systémy

Základné časti optických - fotoelektrických systémov sú:

- **zdroje svetla** - žiarovky, LED, výbojky, oblúkovky
- **snímače svetla** - fotodiódy, fototranzistory, fotoodpory
- **optická cesta** - sošovy, zrkadlá, filtre, clony, štrbiny



Příklad optického systému

20



## Optické systémy

Zdroje svetla  
Optická cesta  
Snímače

21

## Zdroje svetla: žiarovky

incandescent light bulb



80 % výkonu sa mení na teplo

svetelná účinnosť

$$\eta = \frac{\text{svetelný výkon}}{\text{elektrický príkon}}$$

stúpa s teplotou vlákna



Poznámka: Praktické je vyjadrenie v lm/W

22

Zdroje svetla:

## žiarovky – náplň

Normálne žiarovky:

- vákuum (3V / 0,2-0,3A)
- dusík + argón - znížený tlak (klasické 230 V)
- kryptón, xenón - atmosférický tlak (0,7-0,9A)

Wolfrámové (W, tungsten) vlákno 2900 K,  
η 5-18 lm/W, úbytok počas životnosti 15 %  
Poznámka: podžeravené žiarovky, dlhá životnosť.

Halogénové žiarovky

- plyny HBr (bromovodík), CH<sub>3</sub>Br, CH<sub>3</sub>J, J, Cl, F
- banka - kremičité sklo (vyšší podiel UV)
- vlákno W 3100 K (T1,3600), η 20-35 lm/W, T 1000 hod

halogénový regeneračný proces:

W vlákno (> 900°C) → uvoľňovanie W → nie usadenie na vnútornej stene banky (250-900°C) ale → zlúčeniny (W + halogény) → pohyb zlúčenin v priestore → usadenie na W vlákne → ak teplota je > 900°C → disociácia (rozklad) → halogény do priestoru, W zostáva na vlákne.

Poznámka: Xenónové výbojky (auto) - zdroj žarenia je výboj v plyne, vyžadujú vysoké napätie - menší



23

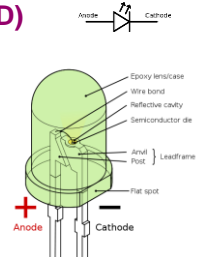
Zdroje svetla:

## Svetlo emitujúce diódy (LED)

- Electroluminescencia
- viditeľný P - N prechod
- V - A charakteristika ako dióda
- U<sub>práh</sub> podľa typu 1,5 ÷ 3,5 V
- jas (svietivosť) je úmerný prúdu
- životnosť (svietivosť 50%):  
10<sup>5</sup> ÷ 10<sup>6</sup> hod (t.j. 11 ÷ 114 rokov)
- spínacie časy < 100ns (10ns)
- svetlo je monochromatické
- η<sub>i</sub> → 1, η<sub>e</sub> → 1-4%

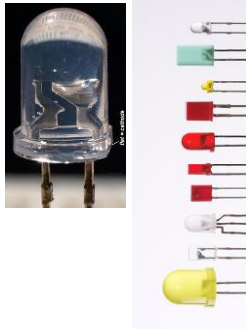
V senzorovej technike IR diódy (800 - 1000 nm)

- **Biele LED (referát!!!!)**
- s luminoforom (konverzia žiarenia)
- multiprechodové (multichip)

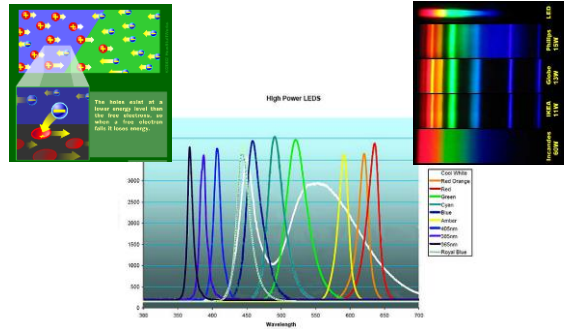


24

Color	Wavelength [nm]	Wavelength drop [ΔV]	Semiconductor material
Infrared	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.63$	Gallium arsenide (GaAs) Aluminum gallium arsenide (AlGaAs)
Red	610 - $\lambda$ - 760	$1.63 < \Delta V < 2.03$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminum gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium indium phosphide (GaInP)
Orange	590 - $\lambda$ - 610	$2.03 < \Delta V < 2.10$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminum gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium indium phosphide (GaInP)
Yellow	570 - $\lambda$ - 590	$2.10 < \Delta V < 2.10$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminum gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium indium phosphide (GaInP)
Green	500 - $\lambda$ - 570	$1.9^{\text{nm}} < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitride (InGaN) / Gallium nitride (GaN) Gallium nitride phosphide (GaNP)
Blue	450 - $\lambda$ - 500	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Zinc selenide (ZnSe) Indium gallium nitride phosphide (InGaNP) Silicon nitride (SiCN) as substrate Silicon (Si) as substrate - under development
White	400 - $\lambda$ - 470	$2.78 < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitride phosphide
Purple	multiple types	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Dual blue/UV LEDs, blue with red phosphor, or white with yellow phosphor
Ultraviolet $\lambda < 400$	$3.1 < \Delta V < 4.4$		Diamond (235 nm) <sup>TM</sup> Silicon nitride (215 nm) <sup>TM</sup> Aluminum nitride (190 nm) (210 nm) <sup>TM</sup> Aluminum gallium nitride (160 nm)
Pink	multiple types	$\Delta V < 3.3^{\text{nm}}$	Blue with one or two phosphor layers yellow with red, orange or pink phosphor added afterwards, or white with pink pigment or dye <sup>TM</sup>
White	Broad spectrum	$\Delta V > 3.5$	Blue/UV diode with yellow phosphor



25

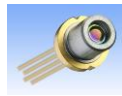


26

Zdroje svetla:  
**LASER**

Podľa aktívnej látky

- **Pevnolátkové**
    - Rubín
    - Safír
    - Nd:YAG laser
    - **Polovodič (GaAs, AlGaInP, GaN)**
  - **Plynové**
    - N, CO<sub>2</sub>
    - He, Ne, Xenón
    - Excimerové (ArF, KrCl, KrF)
  - **Kvapalinové (farbivové)**
    - organické farbivá
    - anorganickými farbivá
- Režim činnosti
- **Pulzný** (pulsed mode)
  - **Spojité** (continuous)



27

Zdroje svetla:  
**LASER**

Záleží nielen na výkone, ale aj dobe expozície a vlnovej dĺžke

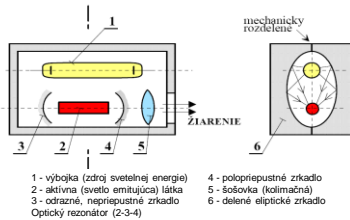


- kategória I** ( $P_{\text{max}} < 0.4 \mu\text{W}$ )  
relatívne neškodné aj pri priamom pohľade  
CD prehrávače a čítačky čiarového kódu
- kategória II** ( $P_{\text{max}} < 1 \text{ mW}$ )  
nemali by spôsobiť poškodenie oka (zatvorí sa za 0,25 s)  
laserové ukazovátka
- kategória III** ( $P_{\text{max}} (\text{cont}) < 5 \text{ mW}$ ,  $P_{\text{max}} (\text{imp}) < 0.5 \text{ W}$ )  
dlhý odraz žiarenia nespôsobuje poškodenie zdravia.  
DVD-R napalovačky
- kategória IV**  
z neprístupného kietku – aj dlhý odraz spôsobuje vážne poranenia vrátane popálení  
chirurgický laser (30-100 W), vyrážačce (100-3000 W)  
-50 W ťažké popáleniny, od 200 W prereže človeka napoly,  
od 10 kW vyššie ostane z človeka len dymiace topánky)



28

Zdroje svetla:  
**LASER**



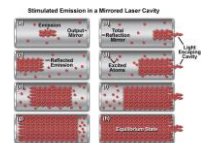
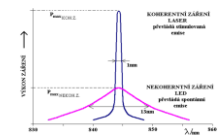
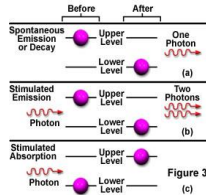
Nevýkonové využitie laserov:  
prenos informácií (optoválna)  
holografia  
meranie vzdialenosti (geometrické, interferenčné)

Poznámka: Koherentnosť charakterizuje tzv. "koherenčná dĺžka". Na tejto vzdialenosti (rádovo 1 m), je s určitou presnosťou fáza zaručená.

29

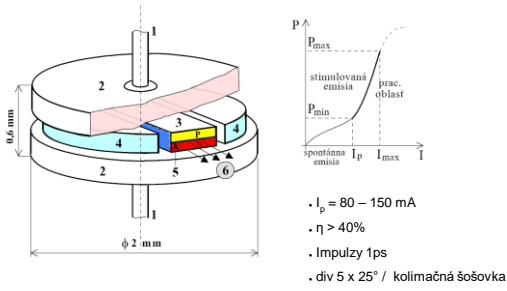
Zdroje svetla:  
**polovodičový laser**

Spontaneous and Stimulated Processes

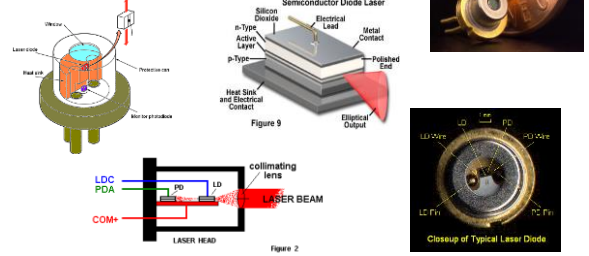


30

31

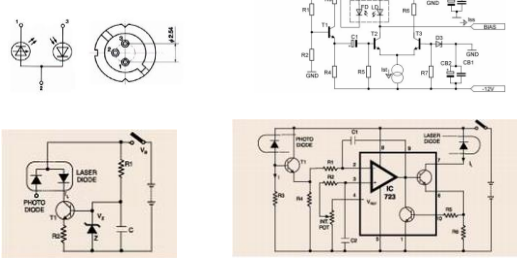


Zdroje svetla:  
polovodičový laser



32

Zdroje svetla:  
polovodičový laser



33

Optické systémy

Zdroje svetla  
Optická cesta  
Snímače

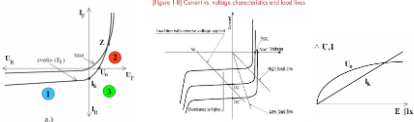


34

Detektory: fotodióda  
photodiode

rýchle, málo citlivé

- 2 - odporový režim v priepustnom smere (rasie E - Akcia IR)
- 3 - traidový režim (VD je výst. napätie naprázdno, Ik je výst. prúd nakrátko)
- Z - pracovný bod neaktívny na svetlo



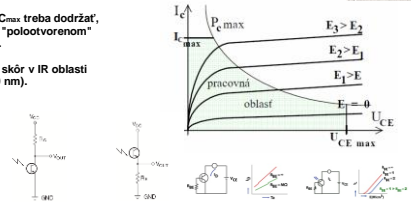
35

Detektory: fototranzistor  
phototransistor

.citlivejšie, ale i zotrvačnejšie ako fotodiódy.  
.v obvodoch samostatne, alebo s diódami, prípadne Darlington.

Hodnotu  $P_{Cmax}$  treba dodržať, kritická pri "polootvorenom" tranzistore.

Spektrálne skôr v IR oblasti (800 - 1000 nm).



36

### Detektory: fotoodpor, fotorezistor

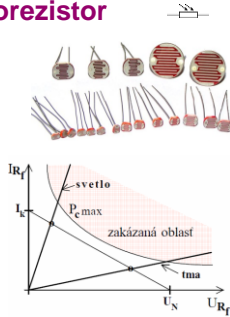
photoresistor

najcitlivejšie, ale aj najzotručnejšie spektrálne skôr do viditeľnej oblasti (500 - 600 nm).

U<sub>N</sub> a I<sub>k</sub> sú napätie a prúd fotoodporu priamka – obvod, v sérii je R s fotoodporom, napájanie sústavy U<sub>N</sub>, I<sub>k</sub> = U<sub>N</sub>/R

časovo a teplotne závislé, odpor sa mení v rozsahu cca 100 - 10 M (úplná tma)

V - A charakteristika



37

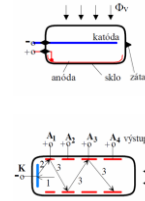
### Detektory: fotónka, fotonásobič

photocell, photomultiplier tube (PMT)

#### vákuová súčiastka

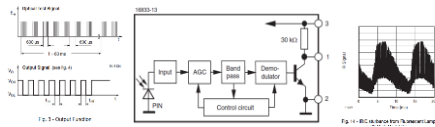
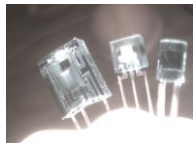
svetlo po dopade na katódu vyráža niekoľko elektrónov (žeravé body), tie sú prirahované anódou, elektrónkou alebo prúd

1 fotón  
2 elektrón  
3 sekundárny elektrón



38

### Detektory: integrované



39

**Sources of failures**

- Ambient light
- Shadows
- Sources of IR
- Dust, dirt
- Distance!
- Speed

Sensors and detectors:  
 a) red LED b) infra red LED c) infra detector  
 d) combination emitter + sensor e) larger version  
 f) miniature SMD version of E+S

Optical line sensor principle

40

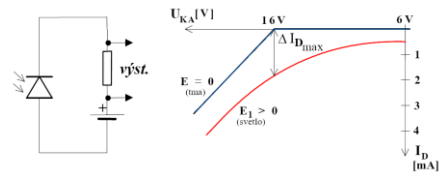
40

### Špeciálne optické snímače

- Lavínová fotodióda
- PIN fotodióda
- PSD prvky
- CCD prvky
- CMOS prvky

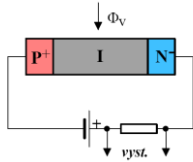
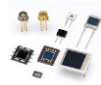
41

### lavínová fotodióda avalanche photodiode



42

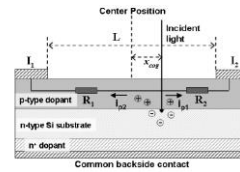
**PIN fotodióda**  
avalanche photodiode



- I – intrinzičná časť
- prijíma fotóny, izolácia
- vysoké U → rýchlosť  $10^{12} - 10^{15}$  s

43

**PSD prvky**  
position sensitive device

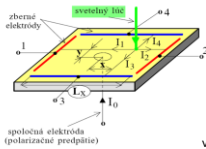


$$x = \frac{L I_2 - I_1}{2 I_2 + I_1}$$

- informácia o POLOHE, nie o intenzite
- celkový prúd (cez spoločnú el.)  $I_0 = 1 \mu A!$
- rozlíšenie 12  $\mu m$ , chyba  $\pm 0,9\%$
- obvykle laser, modulovaný – lepšie SNR

44

**PSD prvky**  
position sensitive device



vyhodnotenie 4 prúdov voči zbernej elektróde

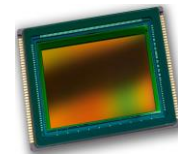
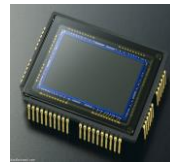
$$x = \frac{L_x I_2 - I_1}{2 I_2 + I_1} = \frac{L_x I_4 - I_3}{2 I_4 + I_3}$$

x a y sú vzdialenosti od stredu

45

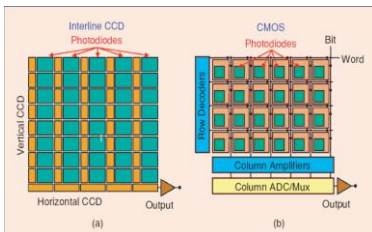
**6. Optické snímače**

CCD a CMOS



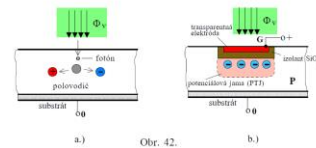
46

**6. Optické snímače**



47

**6.1. CCD prvky**  
charge coupled device

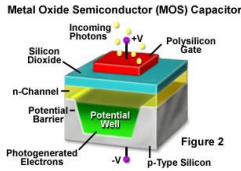


- Uchovávame tzv. menšiové naboje, teda v P polovodiči elektróny. Tieto možú vzniknúť:
- tepelnou generáciou - parazitný jav (1nm)
  - injekciou svetlom - vlastný snímací efekt
  - injekciou z blízkeho PN prechodu - odovzdanie výstupného signálu

48



### 6.1. CCD prvky základná CCD bunka



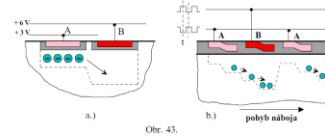
#### Charge-Coupled Device

- Invented at Bell Labs in 1970
- 2009 Nobel Prize in Physics
- Widely used in TV, medical, astronomy cameras
- Array of light sensitive MOS capacitors (pixels)
- Incoming light generates electrons which are captured in a potential well
- Electrodes, or gates, move the charge

from <http://www.nanomats.com/articles/quantumefficiency.html>  
image from: <http://www.microscopyu.com/articles/digitalimaging/ccdintro.html>

49

### 6.1. CCD prvky prenos náboja



Obr. 43.

Vyšší potenciál vytvorí hĺbšiu PTJ, nosiče do nej prepudňujú.  
Tvarované elektrody - tvarovaná PTJ  
Elektrody A a B - výstupný register

50

### 6.1. CCD prvky

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

expozícia (osvit) e: (e byva označená tiež H)

$$e = E \cdot t \quad [kx : kx : s]$$

(6-2)

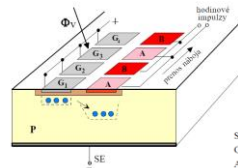
*Poznámka: Doba existencie náboja v PTJ je asi 100 ms = 10 s, vyrovnávanie tepelnou generáciou. Dlhé časy - problém, už cca 3 = 10 s vyžadujú chladienie prvkov, napr. polovodičové, resp. softwarové postúpenie. (obdobne zosmiatme bez obrazu a odlišnosti)*

51

### 6.1. CCD prvky riadkový CCD senzor

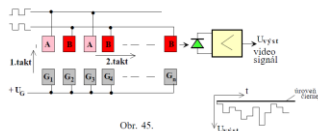
#### Riadkový CCD senzor

1. Svetelný tok  $\Phi_e$  → náboj pod  $G_1, G_2$ , atď.
2. Po dĺžke expozície prenes náboja pod A, B
3. Rýchlo posunuté impulzy na A, B - vysvitávanie nábojev



52

### 6.1. CCD prvky riadkový CCD senzor



Video signál:  
• poleha bodu - čas od začiatku prenosu  
• osvetlenie bodu - amplitúda.

Počet pixelov - 128 (termovízia), po 6 - 10 tis (profesi scannery...)  
Rozmery: od 6 x 6 μm do 17 x 8 μm.

53

### 6.1. CCD prvky riadkový CCD senzor

#### Princíp elektronickej uzdičky

Doba snímania (pre 1728 pixelov) → hodinové impulzy:  
10 kHz → doba snímania = 86 ms (1/12 [s])  
10 MHz → doba snímania = 86 μs (1/12000 [s])  
Optimálne cca 10 ms (1/100 [s]), čomu zodpovedá 86 kHz.

Výhody: neretba mechanická uzdička - cena  
Nevýhody: pomalé vysvitávanie - akumulujú svetlo aj počas vysvitávania (níkylnejšie na smearing, blooming)  
rychlé vysvitávanie - nekvalitné (rychlé) odčítava náboja

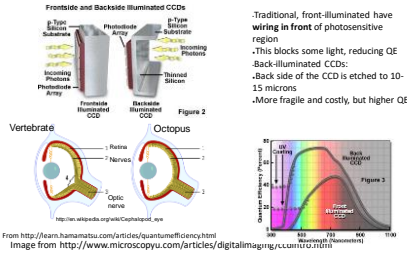
T/2 spĺňa požiadavku o jedno miesto, resp. T vysvitávanie pixelov (píxelne - nepíxelne)

E = 10 lx dáva 0.2 V na výstupe.  
Citlivosť na svetlo: ASA (DIN) a je 100 - 3200 ASA (21 = 36 DIN).  
Poznámka: Horná hranica je už 8000 - 12000 ASA, dskutabilná je kvalita (malé snímače)

Rozlíšenie úrovní sedej 8 - 32 bitov → 256 - 4,295. 10<sup>6</sup> úrovní. (štand. 24 bit)

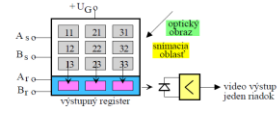
54

### 6.1. CCD prvky Front or Back Illuminated



55

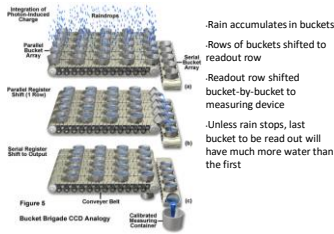
### 6.1. CCD prvky maticový CCD senzor: Full frame



- Činnosť:
- obraz sa premietne na snímaciu časť → pod elektródami náboj
  - hodinové impulzy na  $A_1, A_2$  (1 fíza), a  $B_1, B_2$  (2 fíza) → jeden riadok do výstupného registra.
  - hodinové impulzy na  $A_3, B_3$  → obsah registra po pixeloch do výstupu.
- častejšie pre väčší formát (24 x 36 mm) - prídavný "bočný register"
  - pri vysviatí by nemal reagovať na svetlo - zakrytie (mechanic, uzivierka)
  - lacnejší

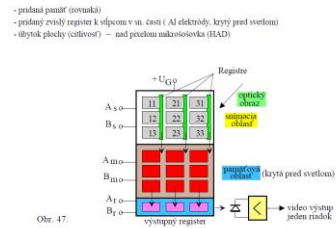
56

### Bucket brigade analogy for read out



57

### 6.1. CCD prvky maticový CCD senzor: frame transfer



58

### 6.1. CCD prvky snímanie farby

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

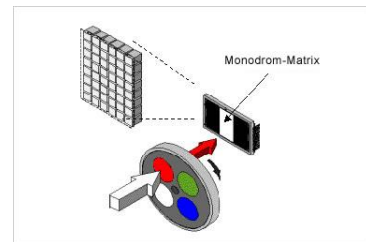
Poznámka: Jedna sa o aditívne miesanie farieb - svetiel.

#### Možnosti:

- postupne tri expozície cez tri filtre
- tri identické obrazy - tri senzory
- jeden "trójitý" maticový senzor + tzv. mozaikový filter.
- systém FOVEON

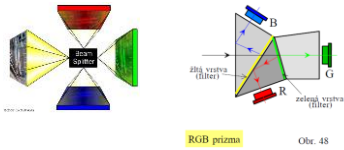
59

### 6.1. CCD prvky snímanie farby – trójité snímanie



60

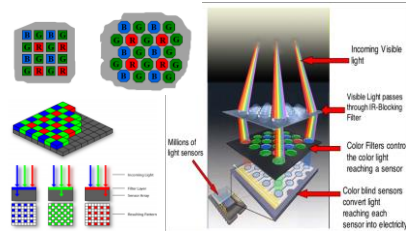
### 6.1. CCD prvky snímanie farby – tri CCD prvky



- kvalitné zobrazenie
- náročné na presné nastavenie

61

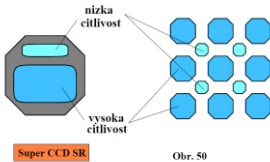
### 6.1. CCD prvky snímanie farby – mozaikový filter



62

### 6.1. CCD prvky – dynamický rozsah

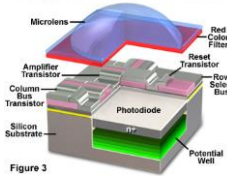
Zväčšenie dynamického rozsahu.



63

### 6.2. CMOS prvky CMOS detektor

Anatomy of the Active Pixel Sensor Photodiode



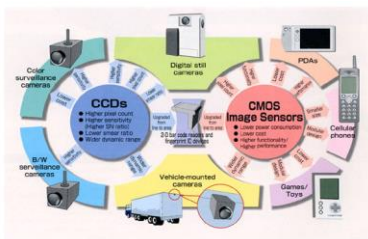
#### Complementary Metal Oxide Semiconductor

- Transistors in **each pixel** convert charge to voltage
- More can be done within a pixel meaning **frame read out can be faster**
- Fabricated much like microprocessors and RAM so are **cheaper to make**
- Used in webcams, phone cameras since they use **less power**

Image from <http://www.olympusmicro.com/primer/digitalimaging/cmosisensors.html>

64

### 6.1. CCD vs. CMOS



65

### 6.3. Kamery v automobiloch case study

#### Audi A5 Sportback

Smart webcams systems – overview of sensors

09/13

- Front camera:**
- Adaptive cruise control (ACC)
  - Lane-keeping assistant
  - Stop&Go inc. Traffic jam assist
  - High beam assist
  - Audi active lane assist
  - Matrix LED headlights
  - Predictive efficiency assistant
  - Fuel assist
  - Audi pre sense front
  - Audi pre sense city
  - Camera based traffic sign recognition

- Ultrasonic sensors at front:**
- Adaptive cruise control (ACC)
  - Stop&Go inc. Traffic jam assist
  - Parking system plus
  - Park assist

- Front radar sensors:**
- Adaptive cruise control (ACC)
  - Stop&Go inc. Traffic jam assist
  - Audi active lane assist
  - Audi pre sense front
  - Adaptive efficiency assistant
  - Lane-keeping assistant
  - Predictive efficiency assistant
  - Fuel assist

- Ultrasonic sensors at side:**
- Audi active lane assist
  - Parking assist



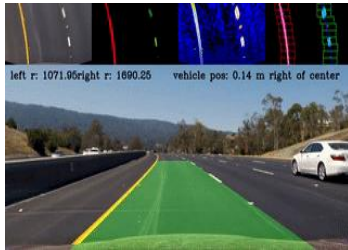
- 360° cameras:**
- Parking system plus
  - 360° camera
  - Parking system with 360° camera

- Rear radar sensors:**
- Adaptive cruise control (ACC)
  - Audi active lane assist
  - Audi pre sense rear
  - Audi side assist
  - Lane-keeping assistant
  - Predictive efficiency assistant
  - Fuel assist

66

### 6.3. Kamery v automobiloch

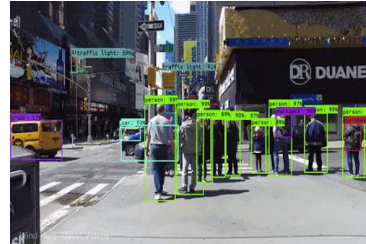
case study



67

### 6.3. Kamery v automobiloch

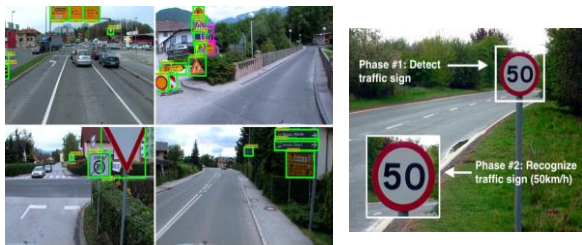
case study



68

### 6.3. Kamery v automobiloch

case study



69

### 6.3. Kamery v automobiloch

case study



70