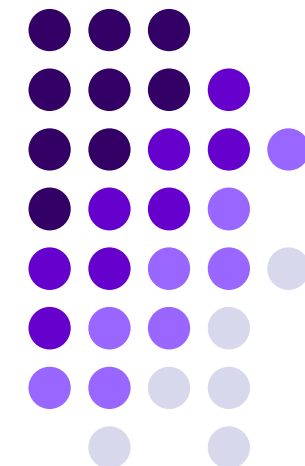
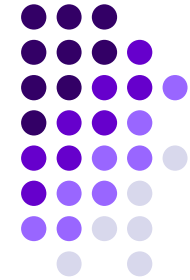


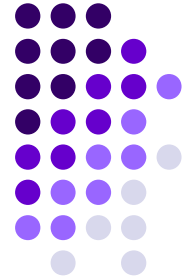
# Senzori si traductoare





# Cuprins\_10

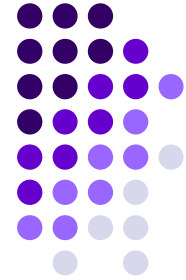
- Introducere
- Senzor video - robot
- Principii de realizare a senzorului video
- Prelucrarea informatiei optice
- Segmentarea imaginii
- Imagine si contur
- Extragerea conturului
- Topologia zonelor
- Codificarea imaginii
- Modelarea imaginii
- Exemplu
- Iluminarea scenei de lucru
- Concluzii



- control și inspecție: stări de suprafețe, culori, aspect, forme, contur, dimensiuni (liniare, plane sau spațiale);
- verificarea: prezenței sau absenței unui subiect, simboluri, caracter, semnătură;
- identificări și localizări de obiecte: în plan (2D) sau spațiu (3D);
- lectură (cu sau fără recunoaștere): caractere alfanumerice, valori numerice;
- urmărirea unui contur: cordon de sudură etc.

***În fabricația flexibilă*** - 3 clase mari de utilizare a senzilor vizuali (această împărțire nu este unică:

- a) inspecția
- b) identificarea obiectelor
- c) controlul și comanda RI.

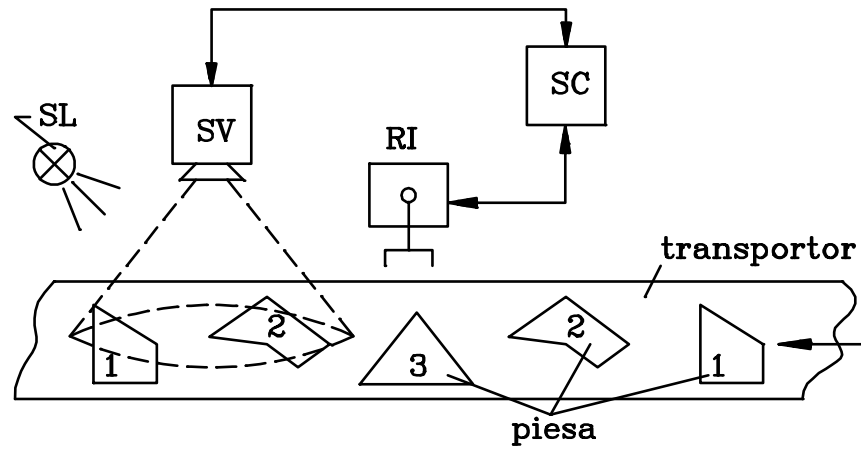
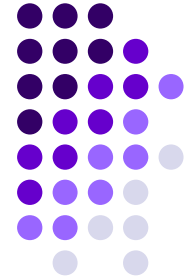


a) **Inspectia** : 70 % din aplicatii

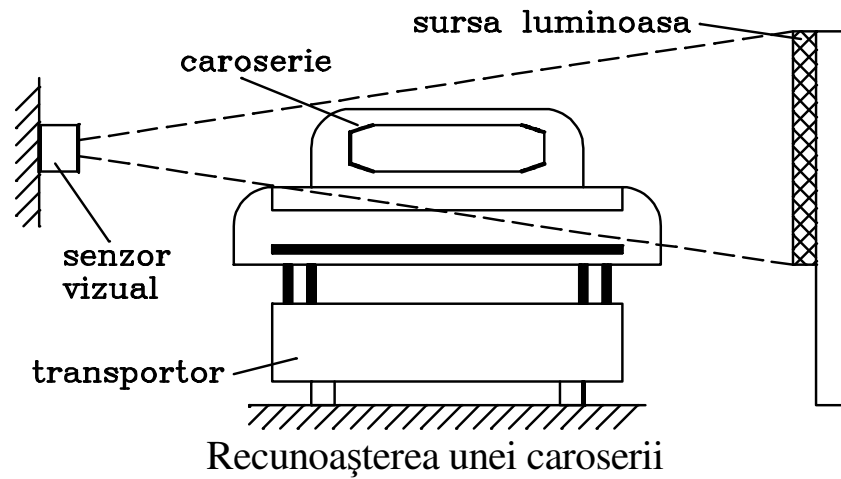
- ❖ măsurări tridimensionale;
- ❖ verificarea prezenței sau absenței componentelor în scena observată;
- ❖ controlul de calitate.
- ❖ Un exemplu edificator: inspectia măștilor fotografice pentru circuitele integrate:
  - O inspectie clasică (de ex. manuală) necesită 10 - 15 ore de muncă / mască;
  - varianta automatizată necesită 10 - 15 minute.

b) **Identificarea** : Într-o serie de aplicații industriale este necesară identificarea pieselor pentru a se lua o decizie și a se realiza un clasament

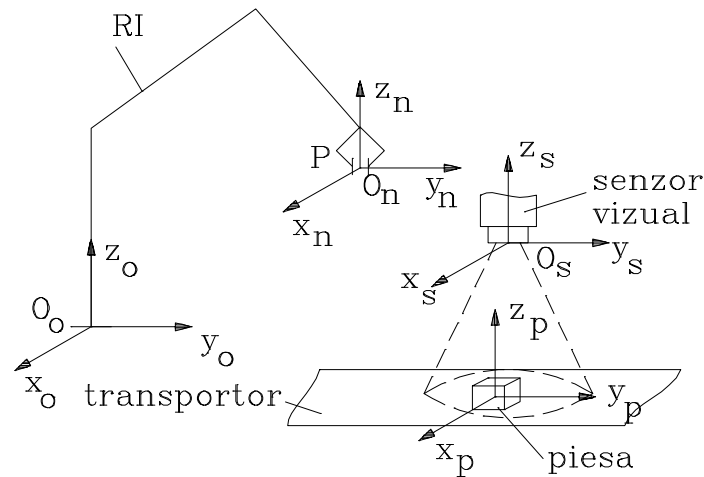
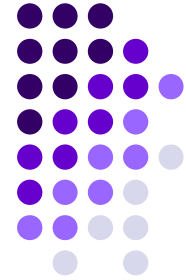
c) **Controlul și comanda RI**: pe baza informației obținute de la senzorul vizual se pot estima pozițiile de situare a unor piese, coordonatele de prehensare, se pot determina distanțe, prezența unor obstacole etc.



Identificarea unor piese



# Senzor video - robot



Legatura senzor vizual-robot industrial

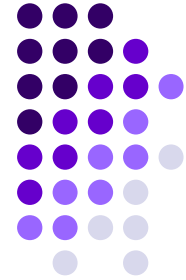
$$A_i^{(i-1)} = \begin{bmatrix} R_{3*3} & T_{1*3} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_p^0 = A_s^0 \cdot A_p^s$$

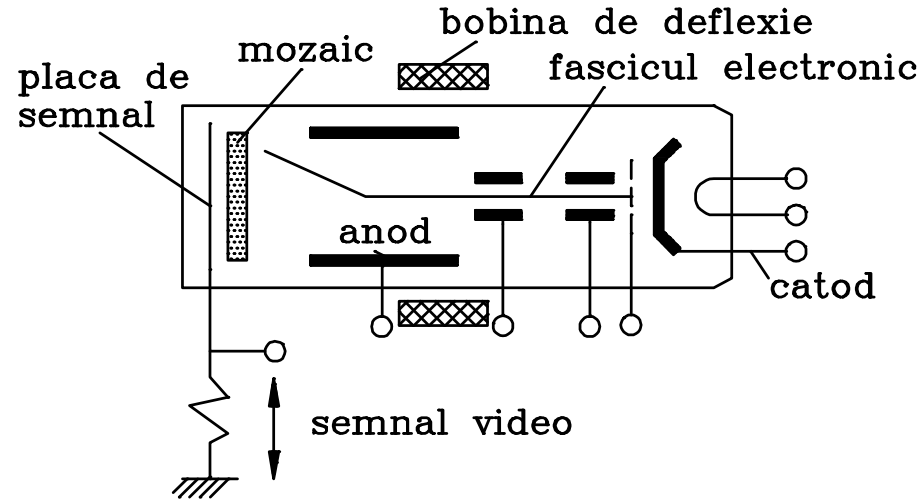
$$M_{1x3} = [x_p \quad y_p \quad z_p \quad 1]^T$$

$$\begin{bmatrix} x_p^0 & y_p^0 & z_p^0 & 1 \end{bmatrix}^T = A_p^0 \cdot [x_p \quad y_p \quad z_p \quad 1]^T$$

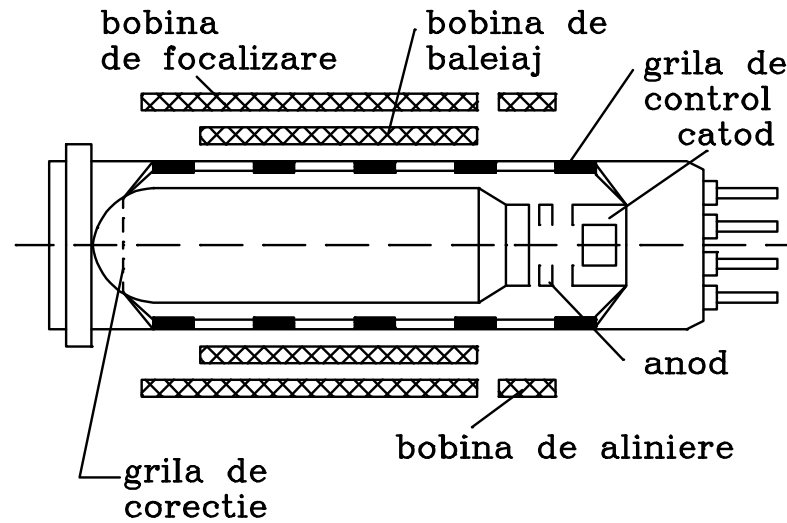
# Principii de realizare a senzorilor video

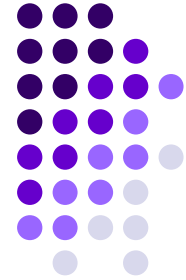


## Tubul orticon



## Tubul vidicon



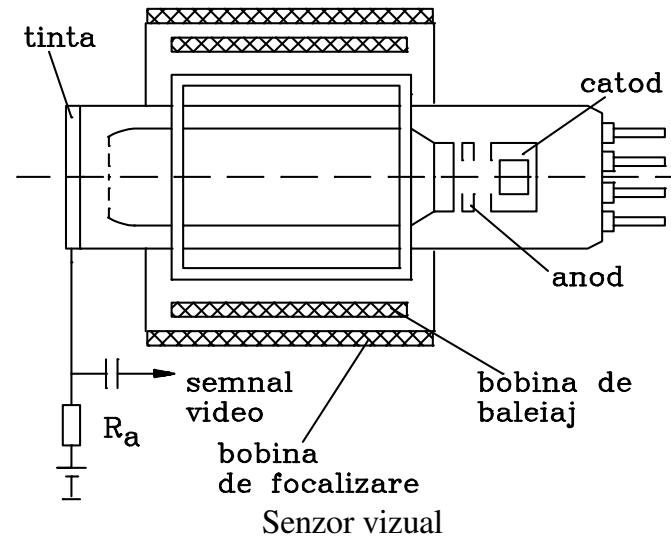
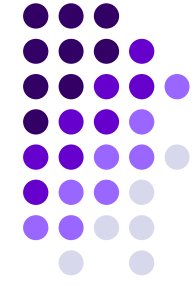
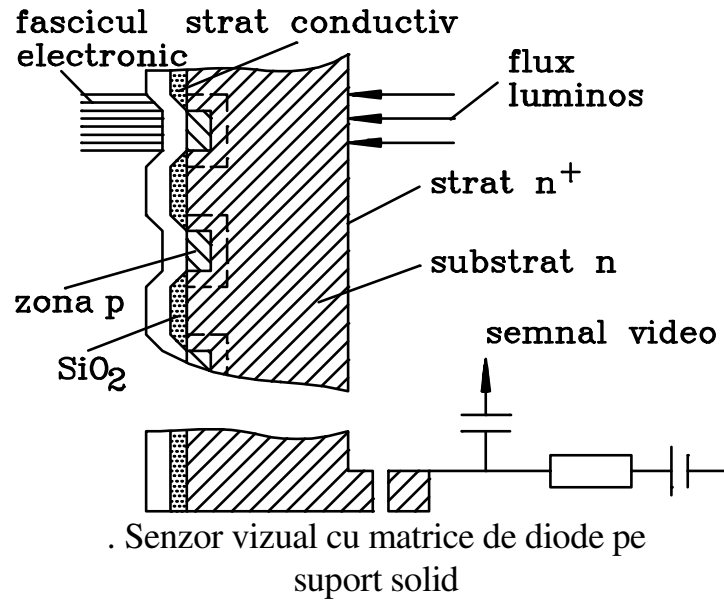


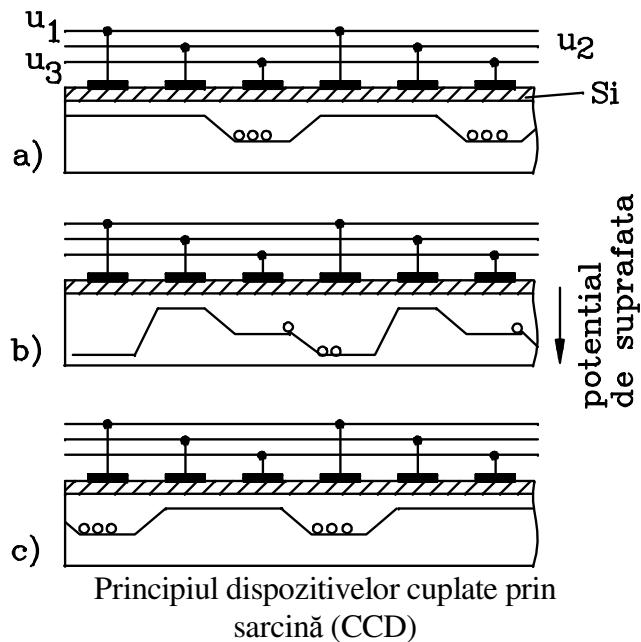
Performanțele caracteristice cerute unui tub :

- a) **sensibilitatea și caracteristica de transfer**. Tuburile vidicon posedă o fotosensibilitate ridicată. Orice precizare privind sensibilitatea trebuie să includă o referință la nivelul de iluminare și la tensiunea și curentul de obscuritate la care au fost măsurate.
- b) **răspunsul în timp sau remanența**. Remanența este consecința a doua cauze: remanența inerentă în procesul de descărcare al fasciculului electronic și inerția procesului fotoconductiv. Remanența descrește cu creșterea iluminării.
- c) **rezoluția imaginii**. Tubul vidicon posedă o rezoluție liniară înaltă (până la 700 linii de explorare). Rezoluția este limitată în principal de dimensiunea finită a fasciculului de baleiaj focalizat.
- d) **geometria imaginii**. Distorsiunea imaginii este stabilită de optica electronică a tubului ca și de acțiunea câmpurilor de baleiaj și de focalizare ale fasciculului electronic. O îmbunătățire considerabilă a geometriei se poate obține prin creșterea diametrului bobinelor de deflexie.
- e) **răspusul spectral** (dependența sensibilității de lungimea de undă)

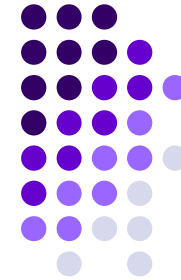


# Matrice de fotodiode pe corp solid (sidiconul)

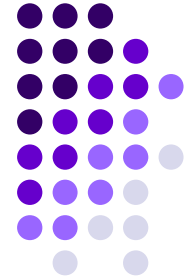




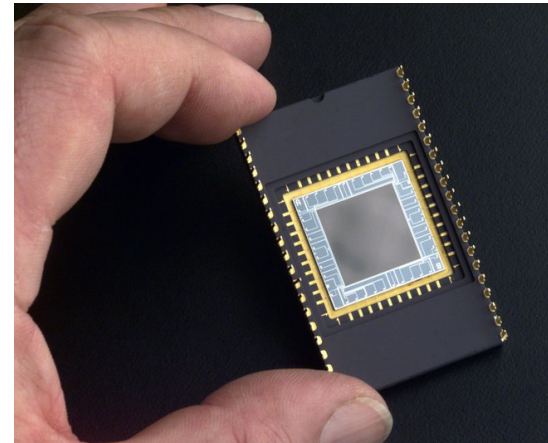
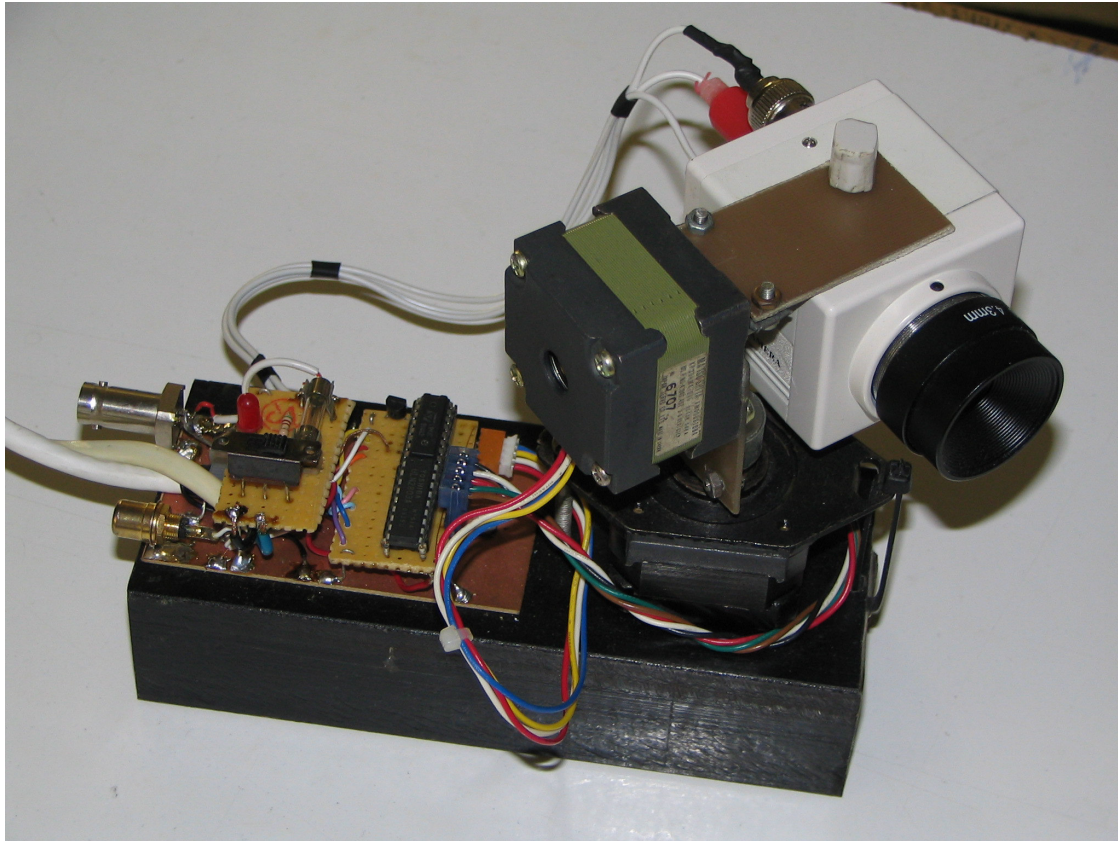
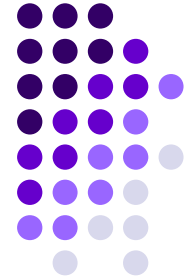
- Conceptul transferului de sarcină a fost descris de Boyle și Smith de la Bell Telephone în 1970;
- Tehnologia dispozitivelor cu transfer de sarcină (CTD - Charge transfer device);
- Alte variante:
  - ❖ dispozitive cu acumulare de sarcină BBD (bucket brigade devices);
  - ❖ dispozitive cu injectare de sarcini CID (charge injection devices).



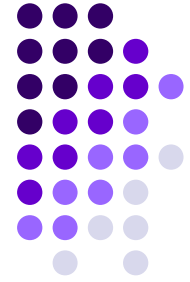
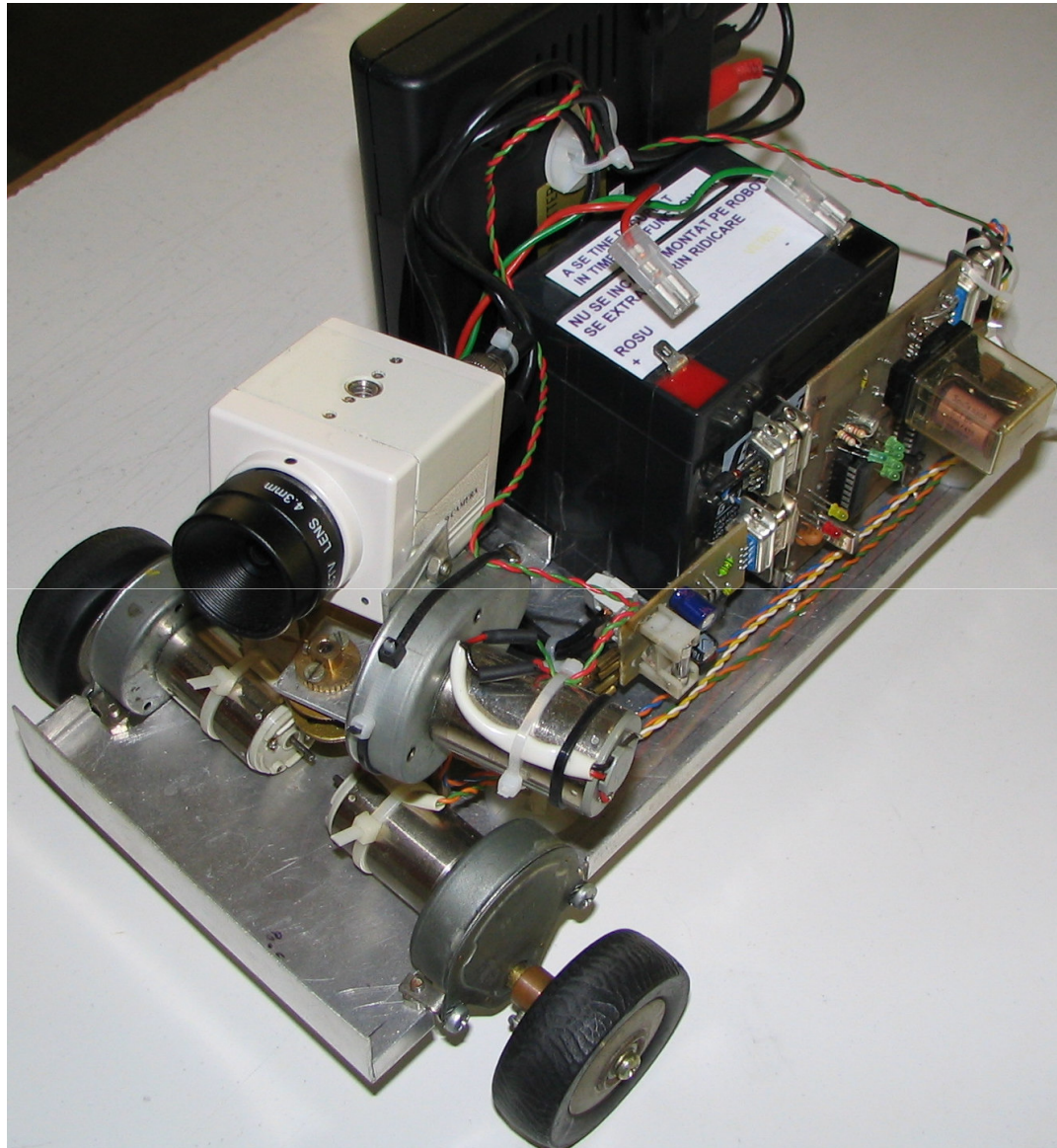
- senzorul CCD = matrice de elemente fotosensibile executate pe cristal semiconductor prin metoda microfotolitografierii
- dacă pe suprafața acestui sistem se proiectează un relief luminos în fiecare element se formează o sarcină localizată de purtători de sarcină minoritară și de mărime proporțională cu mărimea fluxului luminos pe elementul dat și cu timpul de acumulare;
- Distribuția mărimilor sarcinilor acumulate repetă relieful luminos vizualizat.



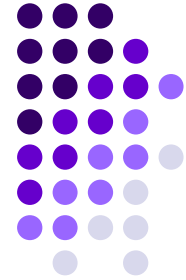
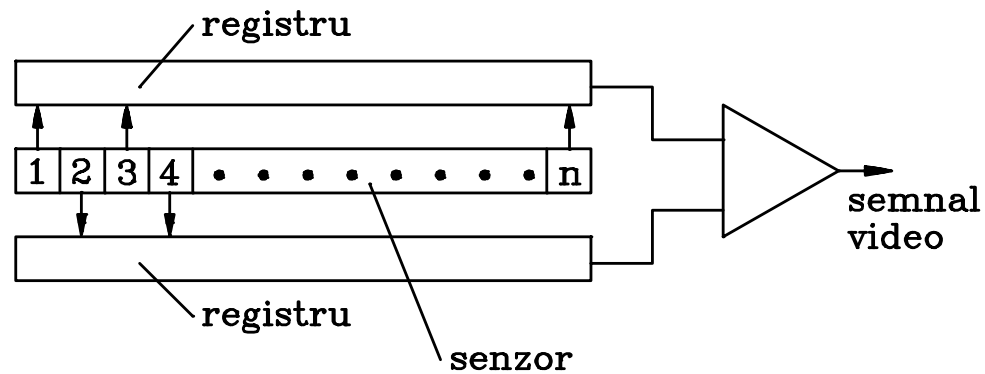
- După experirarea timpului de acumulare (de obicei este fix) sarcinile sunt deplasate succesiv pe linii și cadre și îndepărtate din structura senzorului prin dispozitivul de ieșire (registru);
- Semnalul astfel obținut formează *semnalul video*
- ***Dintre parametrii principali ai acestor senzori:***
  - ❖ ***domeniul spectral 0.2(0.4)...1,1 nm;***
  - ❖ ***fotosensibilitate integrală 500  $\mu\text{A/lx}$  ;***
  - ❖ ***rezoluție liniară 40...60 linii/mm;***
  - ❖ ***neomogenitate a fotosensibilității până la 10 %***





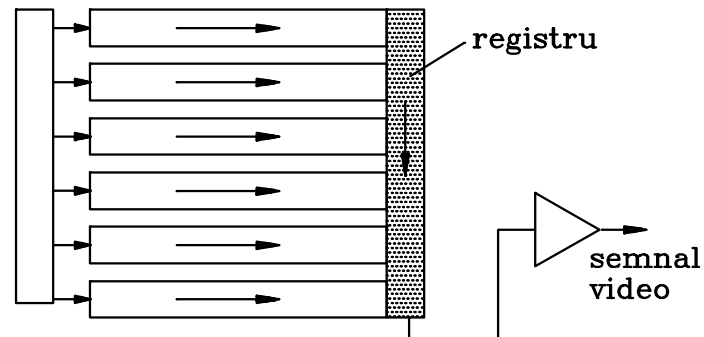


## Senzori vizuali liniari



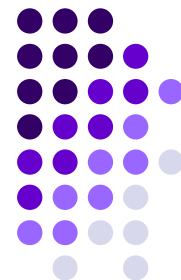
- punct sensibil = imagine elementară = **pixel**
- numărul maxim de pixeli - determinat de lungimea dispozitivului și dimensiunea fiecărui punct sensibil

## Senzori vizuali bidimensionali



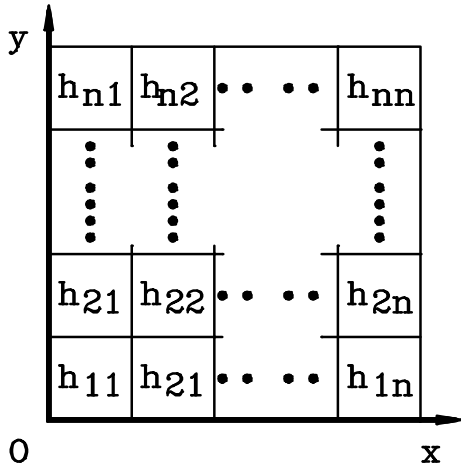
Organizarea citirii unui senzor vizual  
liniar

# Prelucrarea informației senzorial vizual

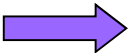
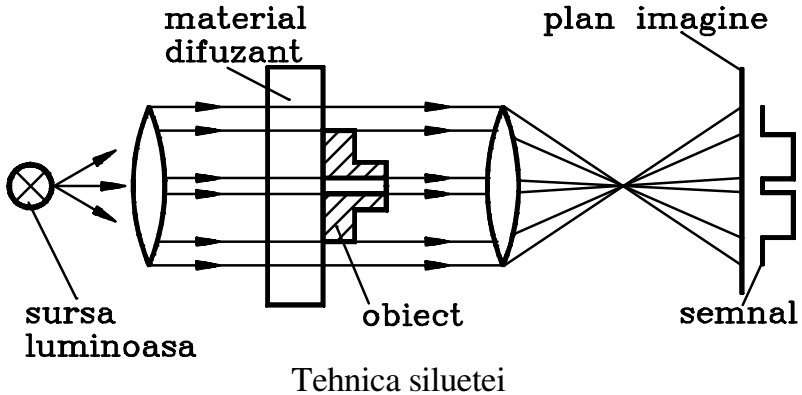


## A. tratarea imaginii

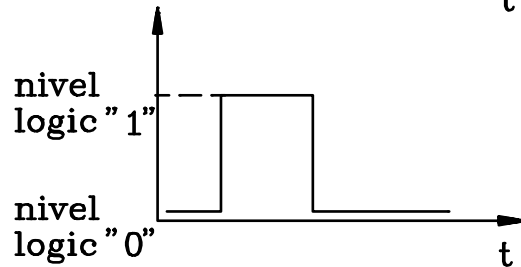
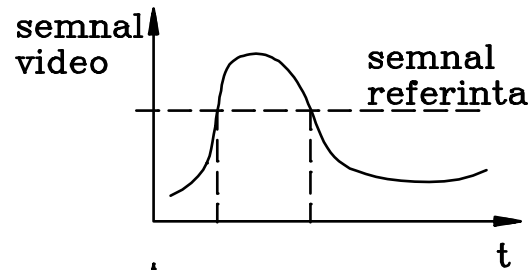
### 1. Metoda imaginii binare



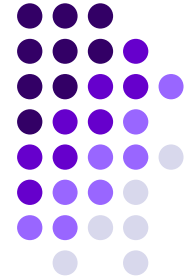
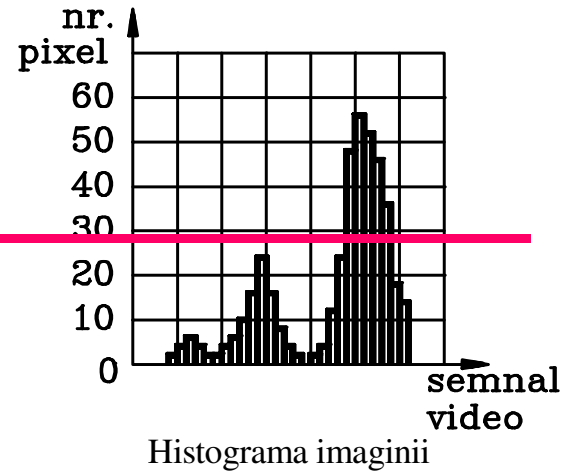
Sistemul de coordonate atașat matricii H



**Cresterea contrastelor**



Principiul obținerii imaginii binare



fie o imagine definită prin:

- ❖ "L" nivele de gri;
- ❖ "N" numărul total de pixeli
- ❖ "n(i)" numărul de pixeli de semnal "i"

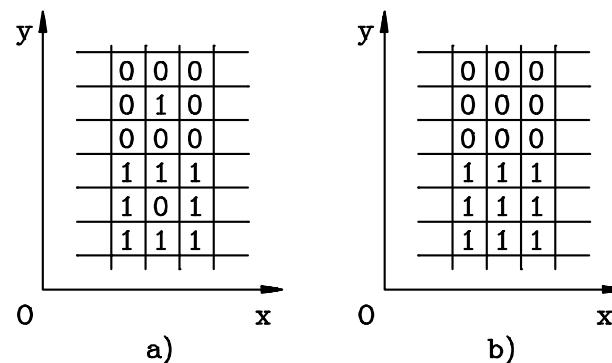
$$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L [i \cdot n(i)]$$

$$u(j) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^j [i \cdot n(i)]$$

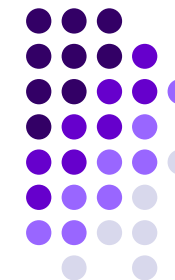
$$v(j) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^j n(i)$$

$$\sigma^2 = \frac{[S \cdot v(j) - u(j)]^2}{v(j) \cdot [1 - v(j)]} \rightarrow \text{max}$$

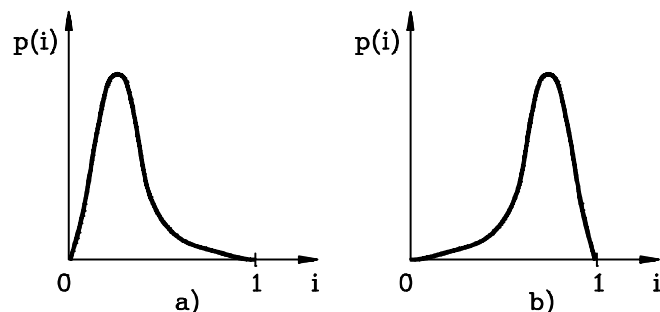




Alterarea imaginii (a) și soluționarea problemei (b)



## 2. Metoda nivelului de gri



Histograma în gri:

a) imagine întunecată; b) imagine luminoasă

Intensitatea atașată unui pixel este "netezită" la valoarea:

$$i(x, y) = \frac{1}{S} \cdot \sum_{n=y-q}^{y+q} \sum_{m=x-p}^{x+p} i(n, m)$$

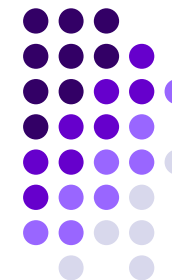
- "S" este o suprafață centrată pe pixelul vizat având coordonatele x și y;
- $S = (2p + 1)(2q + 1)$  ;
- $2p + 1$  este numărul de pixeli după axa x atașați suprafeței;
- $2q + 1$  este numărul de pixeli după axa y atașați suprafeței

**Metoda gradientului** = înlocuirea intensității fiecărui pixel printr-o valoare dependentă de punctele vecine

Suma gradientilor ponderați pe linie ("G<sub>x</sub>") sau pe coloană ("G<sub>y</sub>") este descrisă de operatorul matricial:

P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>
P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>
P <sub>31</sub>	P <sub>32</sub>	P <sub>33</sub>

Matricea 3 x 3



$$G = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 P_{ij} \cdot c_{ij}$$

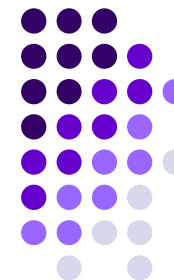
- "p<sub>ij</sub>" - elementele matricii nivelelor de gri din jurul punctului analizat
- "c<sub>ij</sub>" sunt elementele matricii de pondere

$$C_x = \begin{pmatrix} -a_1 & 0 & a_1 \\ -a_2 & 0 & a_2 \\ -a_3 & 0 & a_3 \end{pmatrix} \quad C_y = \begin{pmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ 0 & 0 & 0 \\ -b_1 & -b_2 & -b_3 \end{pmatrix}$$

### Matricea Sobel

$$C_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$C_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$



### Matricea Prewitt

$$C_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$C_y = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Amplitudinea nivelului de gri:

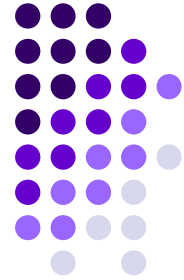
$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Orientarea nivelului de gri:

$$\theta = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

Metoda transformatei Fourier

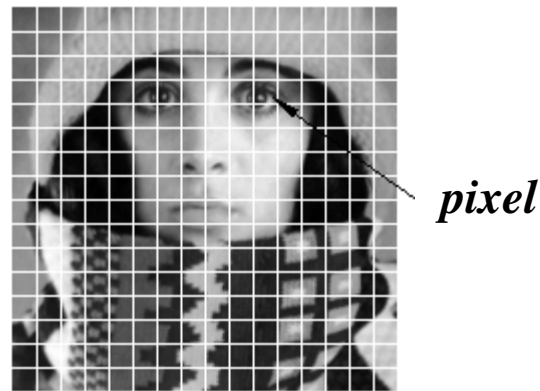
## Segmentarea imaginii



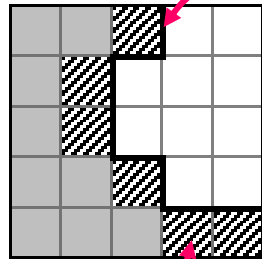
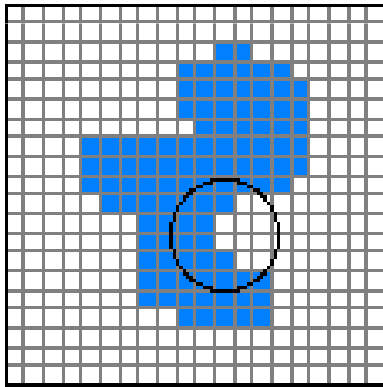
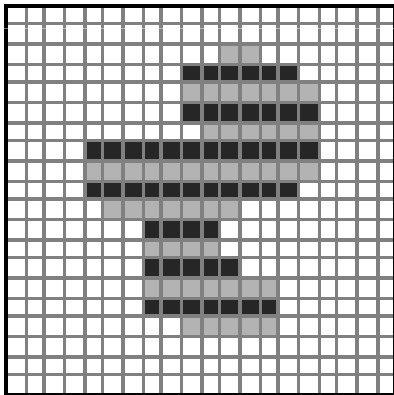
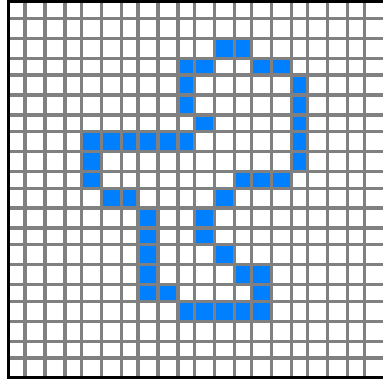
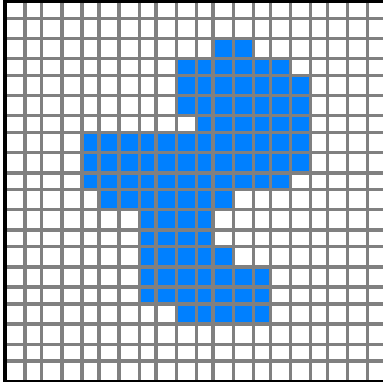
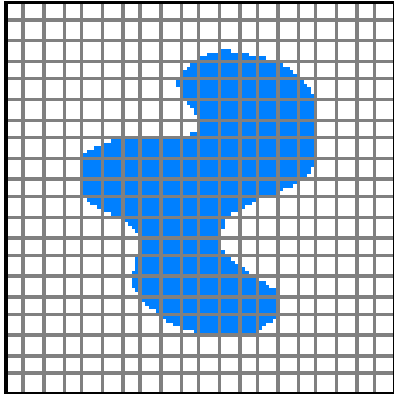
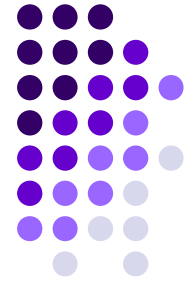
- Segmentarea imaginii = operația de extragere teoretică (separare) a unor **zone particulare** din imaginea tratată anterior.
- ***Pixelii*** aparținători acestor zone au **o proprietate comună** (de ex. aparțin la obiectul vizualizat).

În mod curent se aplică două metode:

- a) **extragerea conturului** - se separă toți pixelii cuprinși în interiorul unor linii cu contrast puternic;
- b) **topologia zonelor** - se separă toți pixelii dintr-o zonă care respectă o aceeași stare logică.



# Imagine si contur

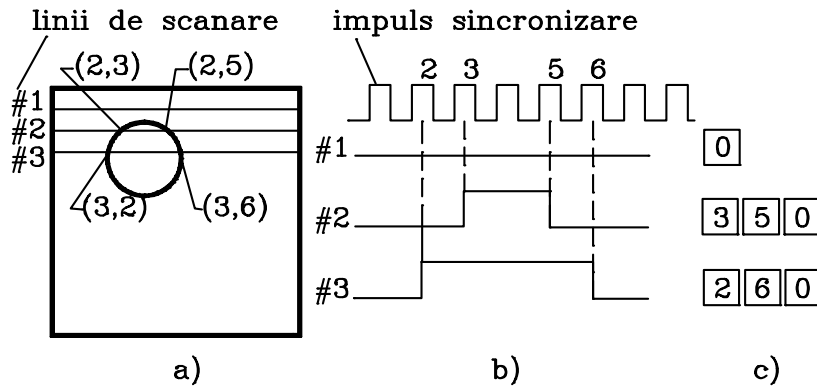
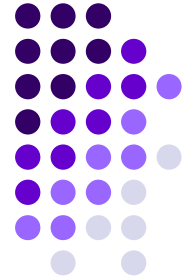


Linie  
contur

Pixel de  
contur

Parametrul	Simbol	Valori tipice
Linii	N	256, 512, 525, 625, 1024, 1035
Coloane	M	256, 512, 768, 1024, 1320
Nivele de gri	L	2, 64, 256, 1024, 4096, 16384

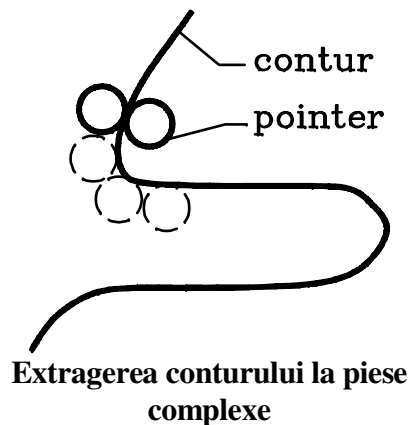
## Extragerea conturului



Extragerea conturului:

a - scanarea imaginii; b - semnal video; c - informație memorată

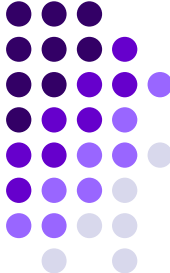
**Extragerea conturului** =  
**definirea limitelor imaginii**  
 unui obiect vizualizat în scopul stocării acestei informații în memoria sistemului de comandă.



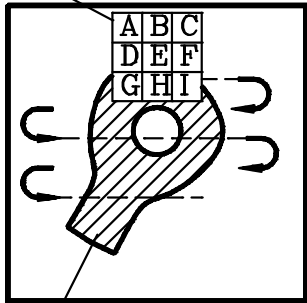
- două "zone" de control care se deplasează pe limita internă și externă a conturului teoretic;

- limita reală a conturului este descrisă de locul geometric al distanței minime dintre centrele celor două "zone".

# Topologia zonelor



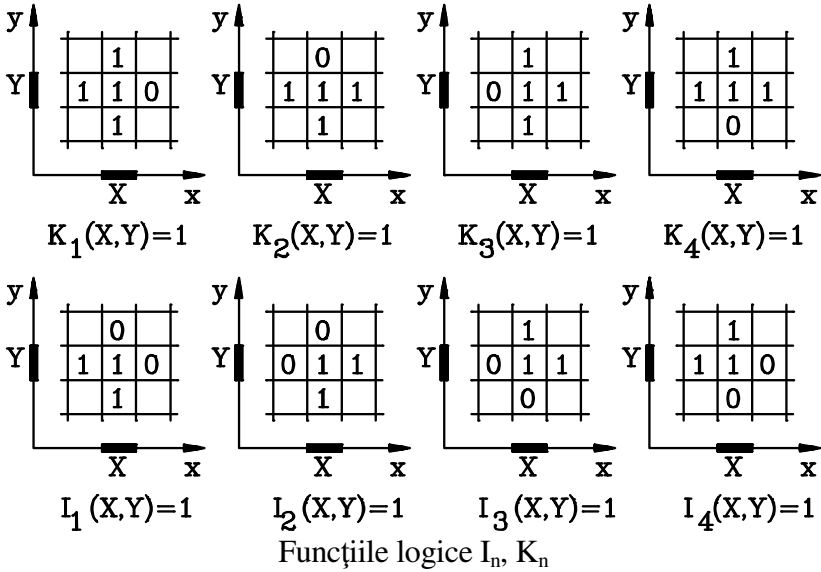
matrice de analiza 3x3



imagine

Imagine vizualizata si matricea de analiza

$$k(x, y) = \bigcup_{n=1}^4 [I_n(x, y) \cup K_n(x, y)]$$



$a_3$	$a_2$	$a_1$
$a_4$	$a_0$	

Matrice de analiza

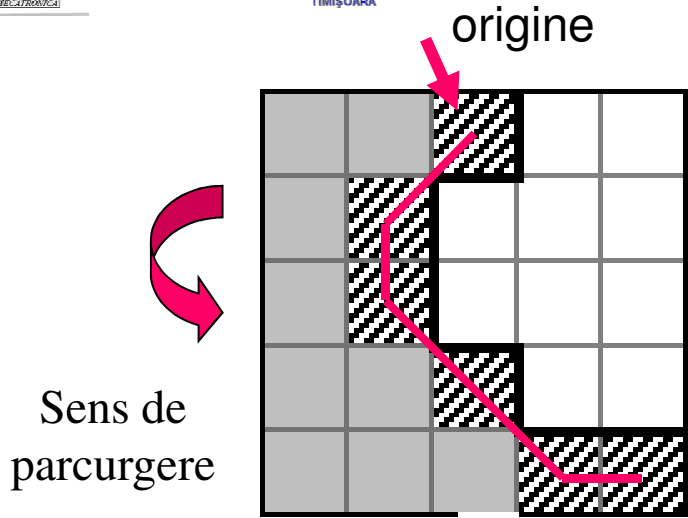
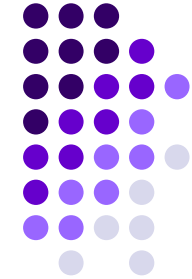
$a_0 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_2} \cdot \overline{a_3} \cdot \overline{a_4} = 1$   $\rightarrow$  urmeaza o noua zona

$a_0 \cdot a_2 = 1$   $\rightarrow$   $a_0$  si  $a_2$  apartin la aceeasi zona

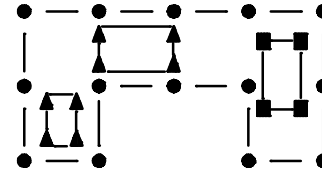
$a_0 \cdot \overline{a_2} = (\overline{a_1} + \overline{a_4}) \cdot \overline{a_3}$   $\rightarrow$   $a_0$  apartine la zona  $a_1$  sau  $a_4$

$a_0 \cdot \overline{a_2} = (\overline{a_1} \cdot \overline{a_4}) \cdot a_3$   $\rightarrow$   $a_0$  apartine cu  $a_3$

# Codificarea imaginii



4	3	2
5	*	1
6	7	8



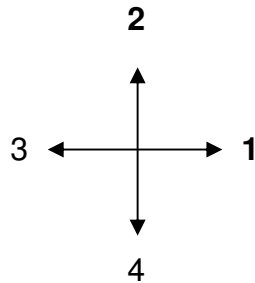
a)

b)

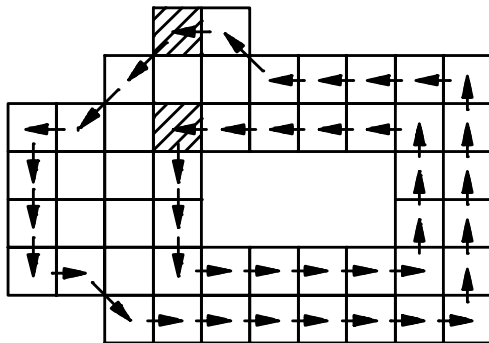
Exemplu de codificare:

a) – codul Freeman; b) - contururi tratate

**Cod : 6 7 8 8 1**



**Cod contur: 4 3 4 4 1 4 1 1**



**-contur exterior:**

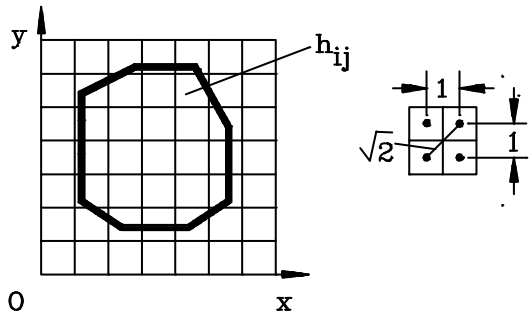
**66577718111111133333555545**

**-contur interior:**

**7771111133355555**



## Modelarea imaginii



Determinarea parametrilor geometrici ai imaginii

$$h_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{daca } (i, j) \in \text{obiect} \\ 0, & \text{daca } (i, j) \notin \text{obiect} \end{cases}$$

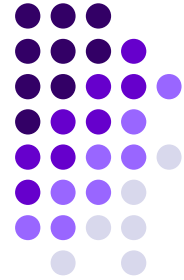
Aria imaginii vizualizate:

$$A = \sum_{i=0}^{n-1} \left( \sum_{j=0}^{n-1} h_{ij} \right)$$

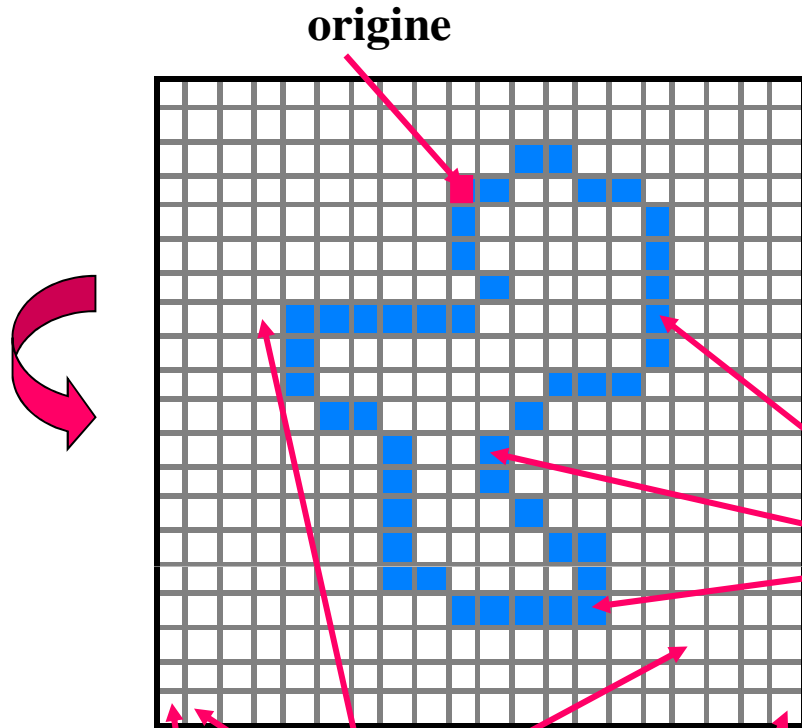
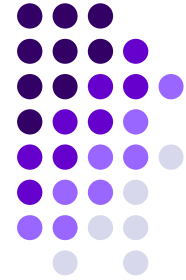
Perimetrul conturului ( $\Gamma$ ) al imaginii:

$$P = \sum_{(\Gamma)} m' \quad \text{unde } m' = \begin{cases} 1, & \text{daca } m \text{ este numar impar} \\ \sqrt{2}, & \text{daca } m \text{ este numar par} \end{cases}$$

$m$  = cifra din codul Freeman



# Exemplu



$A = 99$  pixeli

$h_{ij} = 1$

$h_{ij} = 0$

$h_{20,1} = 0$

$h_{11} = 0$

$P = 32 + 13\sqrt{2}$  pixeli

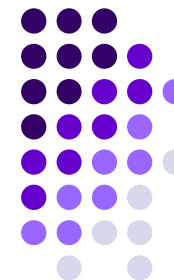
Codul Freeman:

77865555778187777181111335443221123333454565

## Coordonatele centrului de greutate (Xs, Ys) al suprafeței delimitate de contur :

$$X_s = \frac{1}{A} \cdot \sum_{j=0}^{n-1} \left( \sum_{i=0}^{n-1} i \cdot h_{ij} \right)$$

$$Y_s = \frac{1}{A} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} \left( \sum_{j=0}^{n-1} j \cdot h_{ij} \right)$$



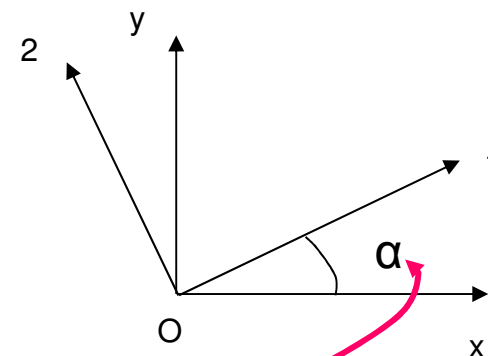
## Momentele de inerție axiale ale suprafeței (față de axele Ox, Oy) și momentul de inerție centrifugal:

$$J_x = \sum_{i=0}^{n-1} i^2 \left( \sum_{j=0}^{n-1} h_{ij} \right)$$

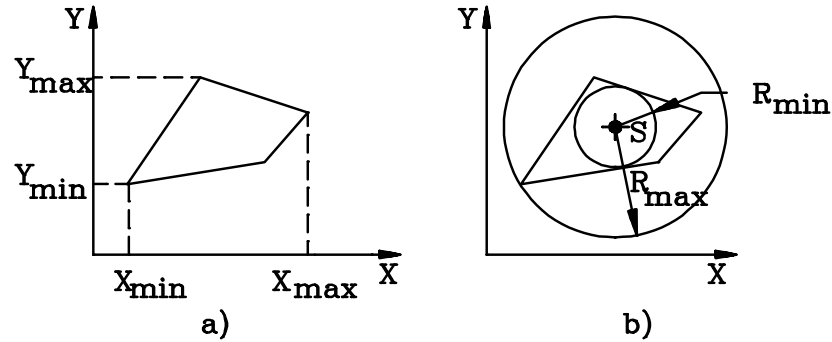
$$J_{xy} = \sum_{i=0}^{n-1} i \left( \sum_{j=0}^{n-1} j \cdot h_{ij} \right)$$

$$J_y = \sum_{j=0}^{n-1} j^2 \left( \sum_{i=0}^{n-1} h_{ij} \right)$$

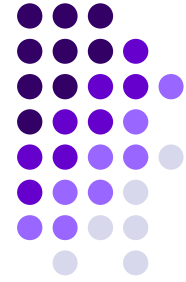
$$J_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot (J_x + J_y) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (J_x - J_y)^2 + J_{xy}^2}$$



$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \arctg \left( \frac{2 J_{xy}}{J_y - J_x} \right)$$

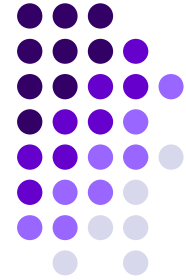
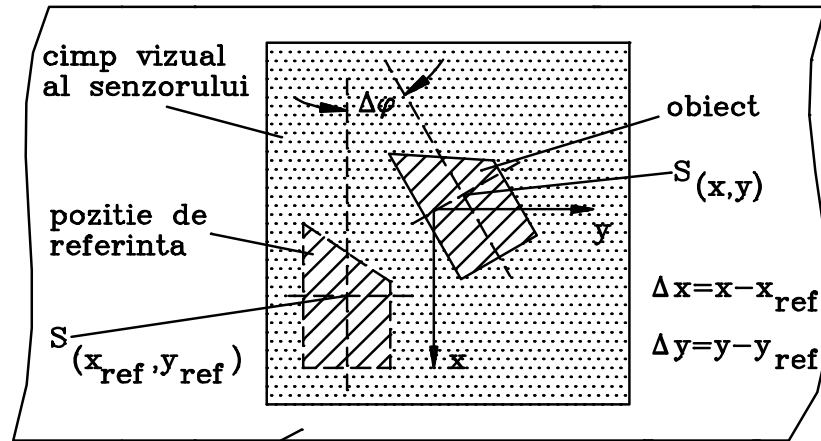


**Parametrii caracteristici (poligon circumscris, raze)**



Optional se mai pot calcula:

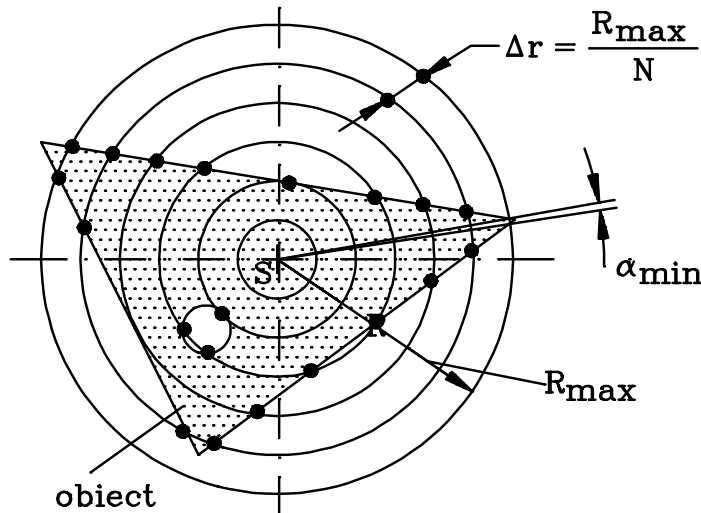
- raportul  $Y_{\max} / X_{\max}$  dintre dimensiunile de gabarit pe direcție verticală și orizontală;
- complexitatea conturului  $X_{\max}/P$  ;
- compactitatea figurii:  $A/(X_{\max} Y_{\max})$  ;
- simetria  $X_S/X_{\max}$ ,  $Y_S/Y_{\max}$  .



transportor

Operatia de determinare a unor parametri

**a) măsurări independente de piesa vizualizată (aria, perimetrul etc);**

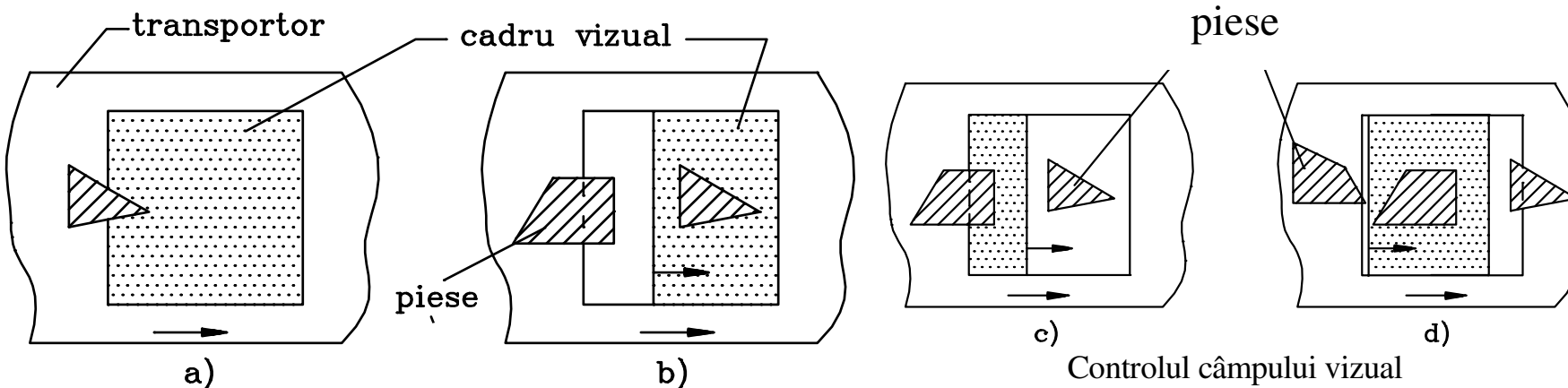
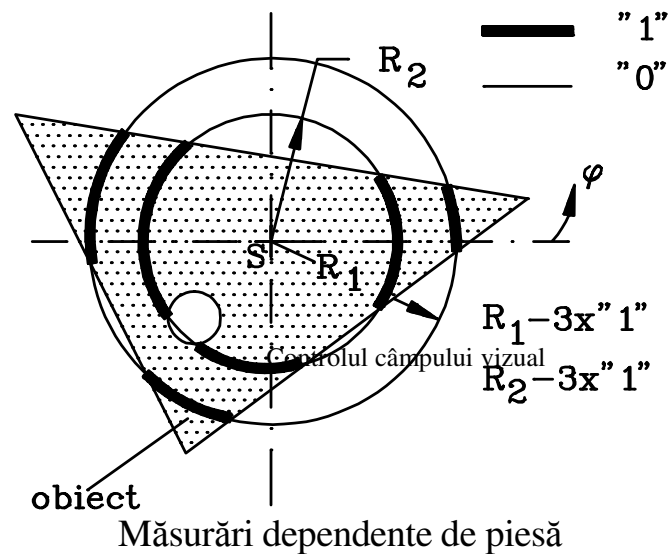


Măsurări independente de piesă

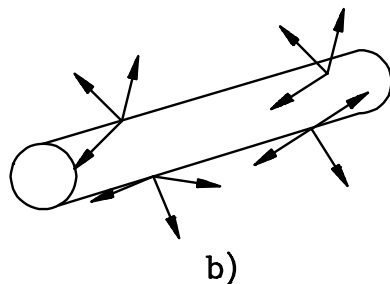
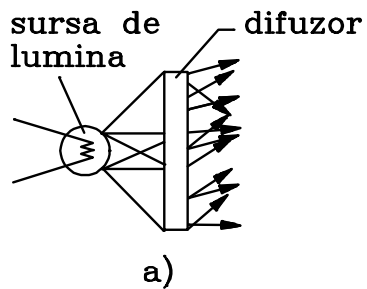
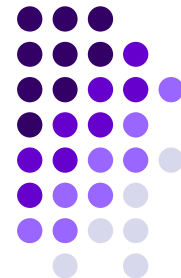
- cercuri echidistante;
- parametri:
  - ❖ numărul segmentelor de intersecție ale conturului cu cercurile de explorare,
  - ❖ unghiul  $\alpha_{min}$  pentru raza maximă.

## b) Măsurări dependente de piesa vizualizată

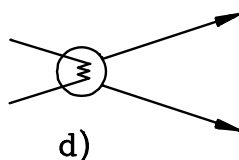
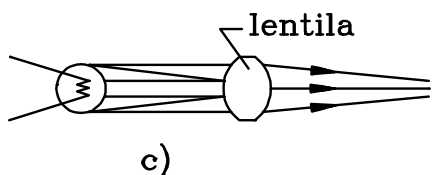
- funcții înregistrate pe cercul de rază  $R_1$ ,  $R_2 - 3 \cdot "1"$
- corelația dintre unghiul  $\Phi$  și raza  $R$ .



# Iluminarea scenei de lucru

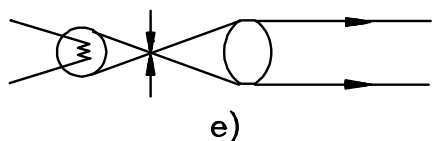


- suprafețe difuze (a) (lămpi fluorescente - b, reflectoare difuze);



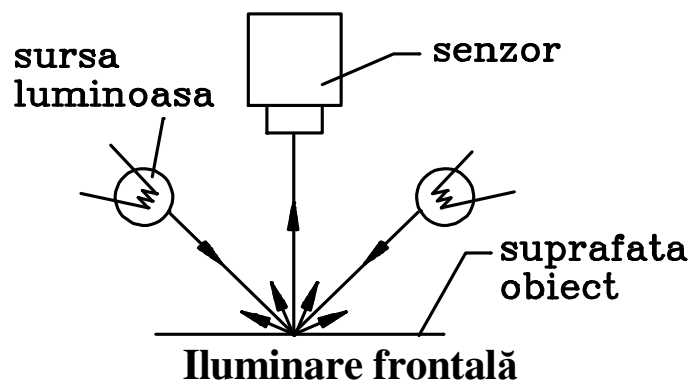
- condensoare (c),

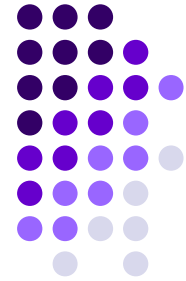
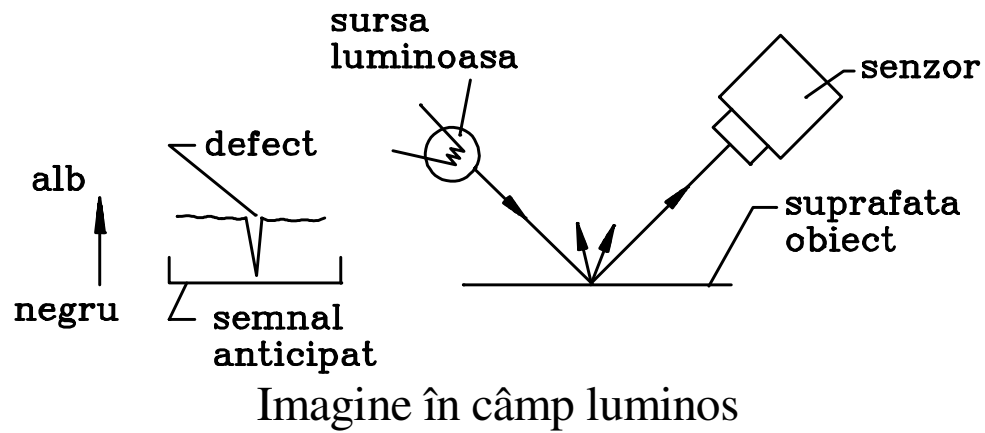
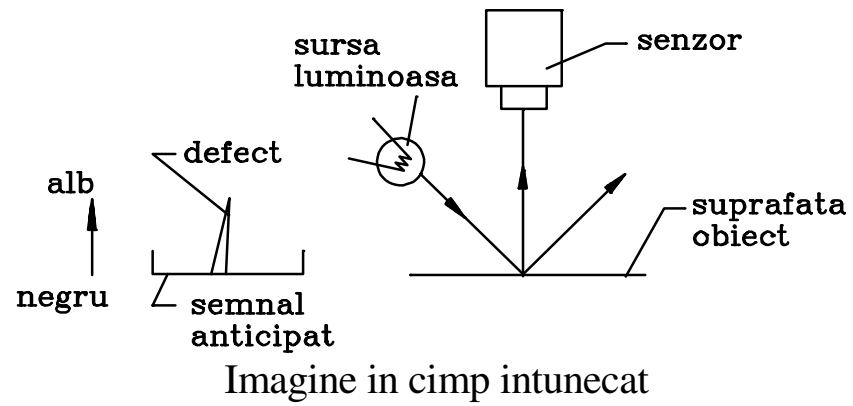
- proiectoare (d);



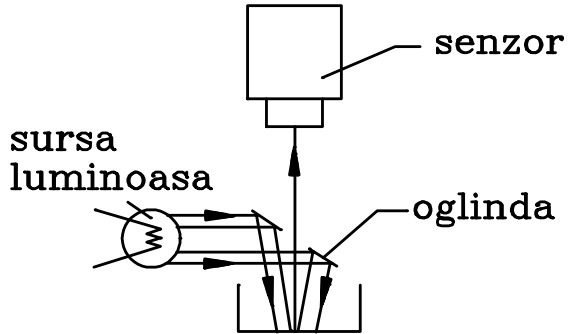
- colimatoare (e).

**Corpuri de iluminat**

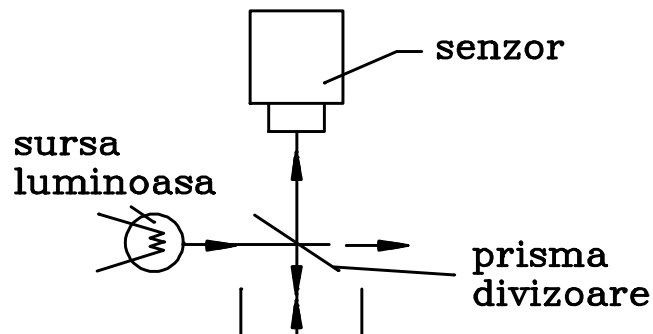




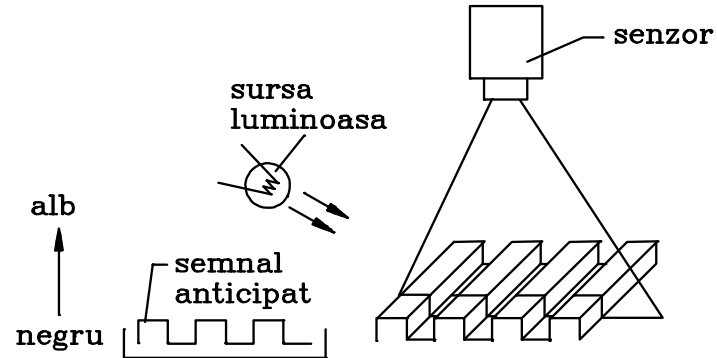




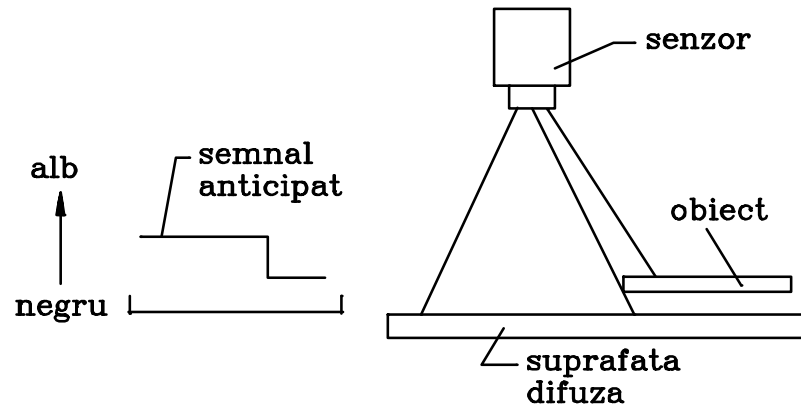
Iluminare cu ajutorul oglinzii reflectoare



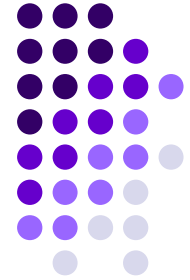
Iluminare prin prisma divizoare

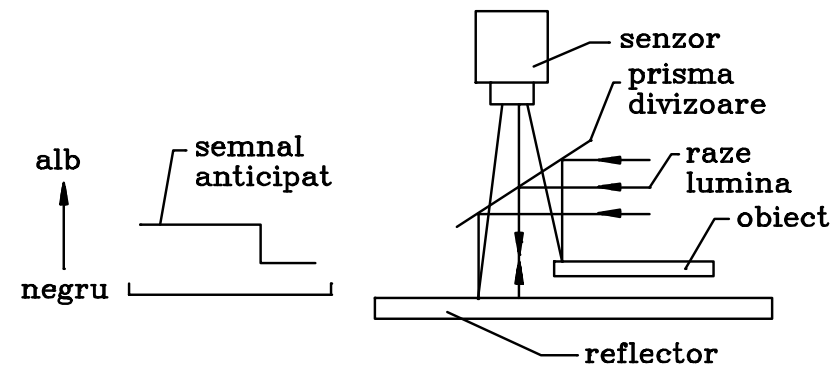


Iluminare paralelă

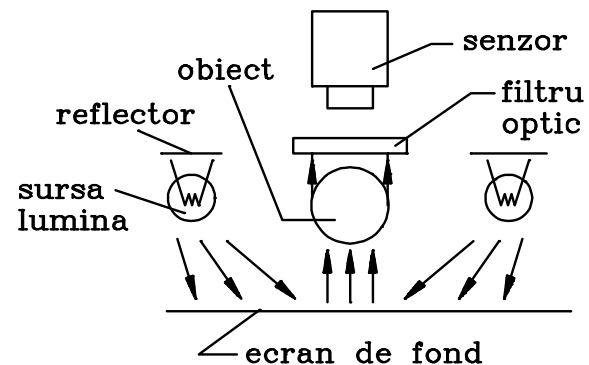


Metoda de iluminare din spate

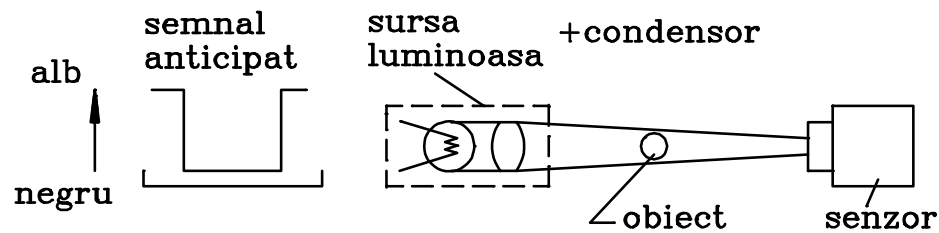




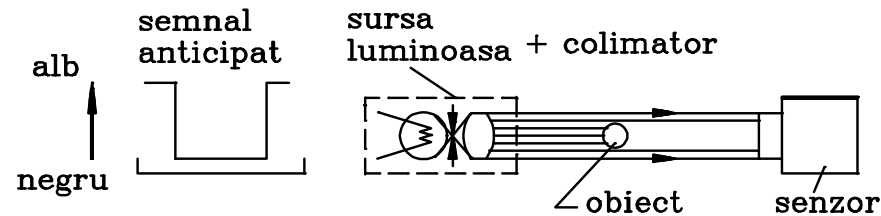
Utilizarea unei suprafețe reflectorizante



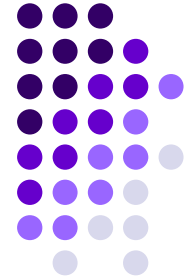
Illuminare monocromatică

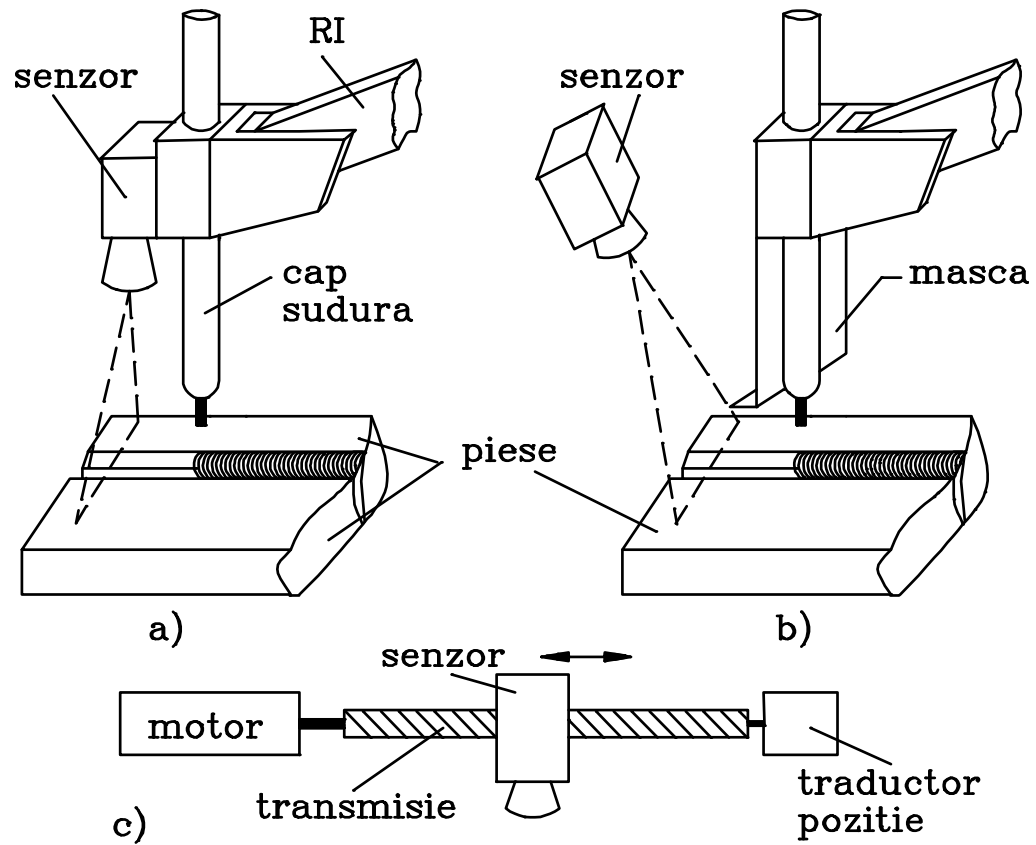
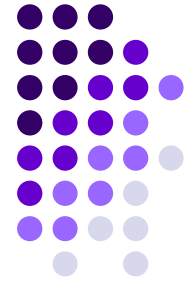


Utilizarea condensatorului

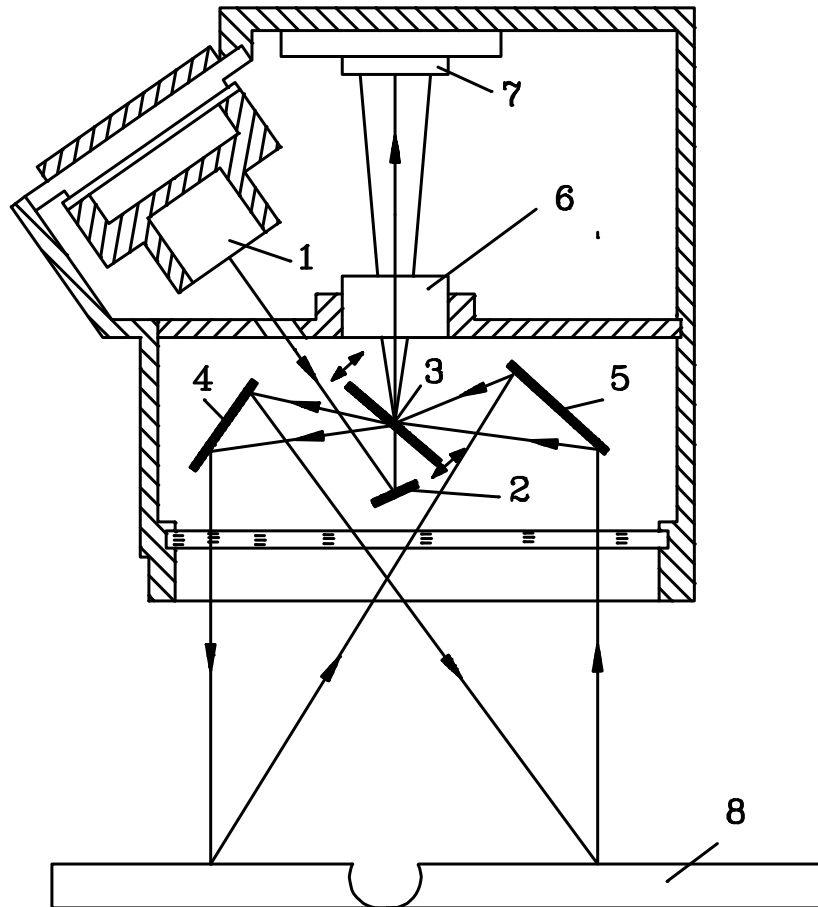
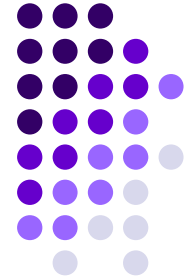


Utilizarea colimatorului



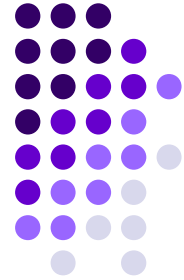


Poziționarea senzorului vizual



- 1- sursa lumina;
- 2 , 3, 4, 5 – oglinzi;
- 6 – filtru optic
- 7 – senzor video CCD
- 8 – piesa pentru sudat

Sursa de lumină și senzorul vizual în structură compactă



### Cerințe principale pentru un senzor vizual:

- simplitate în deservire;
- viteză mare de prelucrare a informației;
- flexibilitate, posibilitate de adaptare la diferite sarcini (de ex. regim de bandă rulantă, descărcarea paletelor, controlul pieselor etc.);
- sensibilitate geometrică cât mai mare;
- cost redus;
- posibilități simple de conectare în cadrul sistemului;
- siguranță ridicată în funcționare;
- sensibilitate redusă la factori perturbatori.