

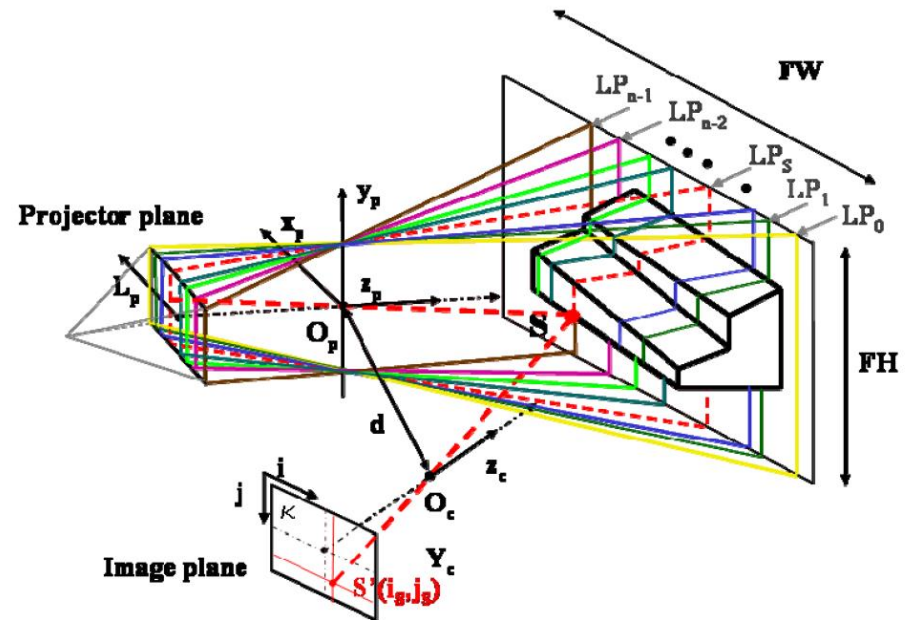
Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
MSS Proizvodno mašinstvo
Predmet: Merni sistemi, RE i CAQ

REVERZIBILNI INŽENJERSKI DIZAJN

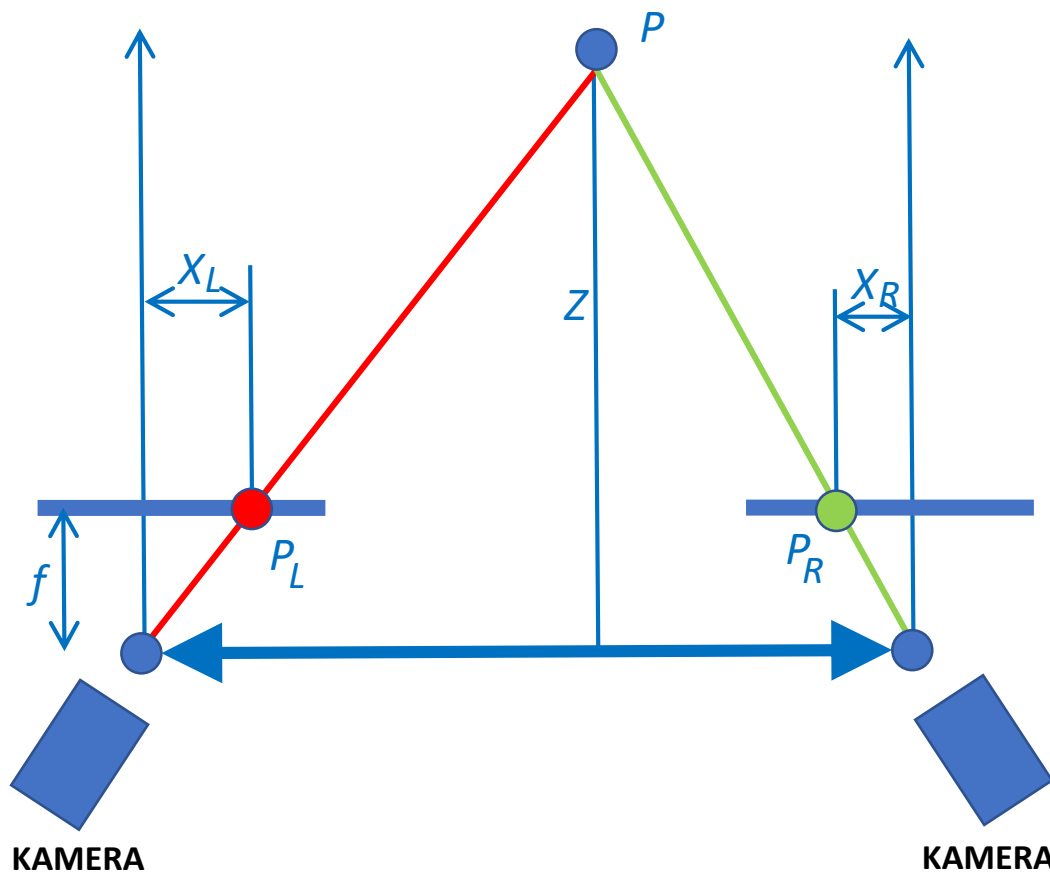
VIŠELINIJSKA TRIANGULACIJA STRUKTURIRANOM SVETLOŠĆU

Više-linijska triangulacija

- Cilj je projektovanje i identifikacija više linija na objektu istovremeno, radi ubrzanja 3D digitalizacije.
- Ključno pitanje je: “Kako identifikovati linije na foto senzoru?”

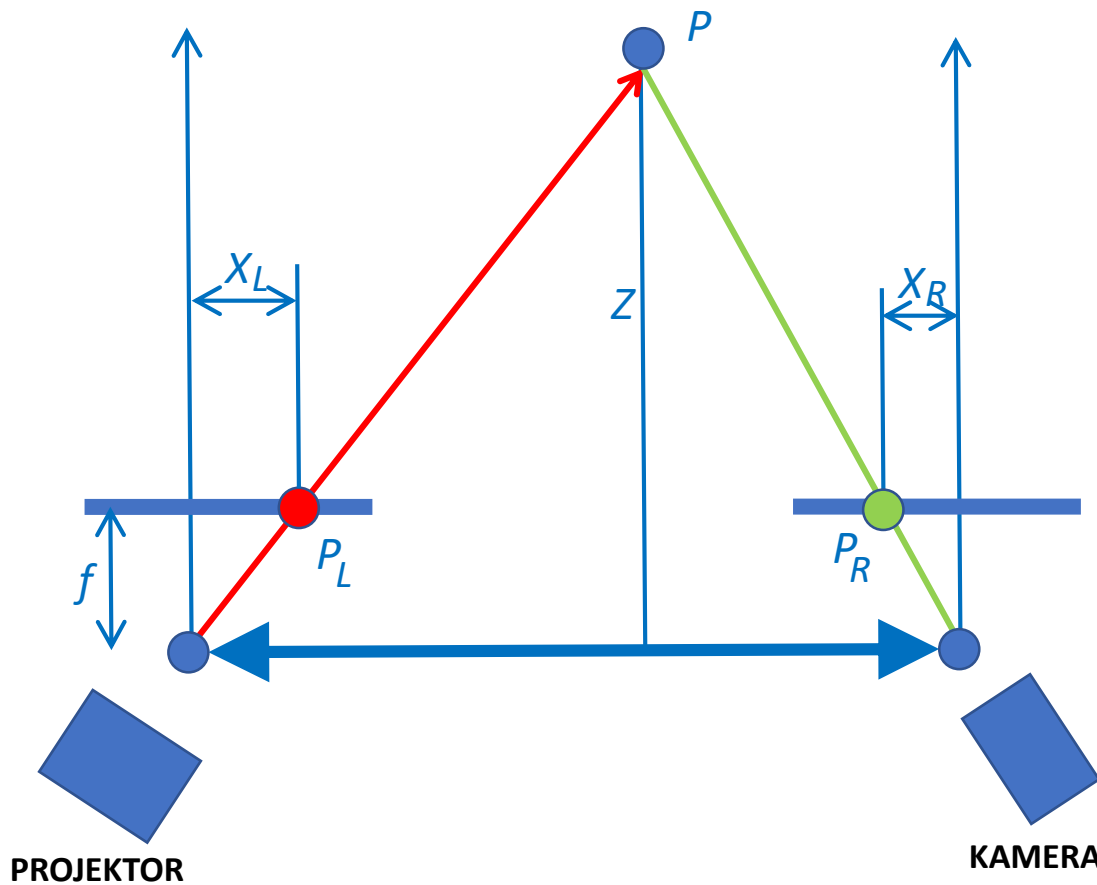


Aktivna stereovizija



Kod aktivne stereovizije, udaljenost tačke P možemo odrediti na bazi trigonometrijskih odnosa (tj. triangulacijom), zato što znamo gde (X_L i X_R) se ta tačka nalazi na levoj i desnoj slici (tj. fotografiji).

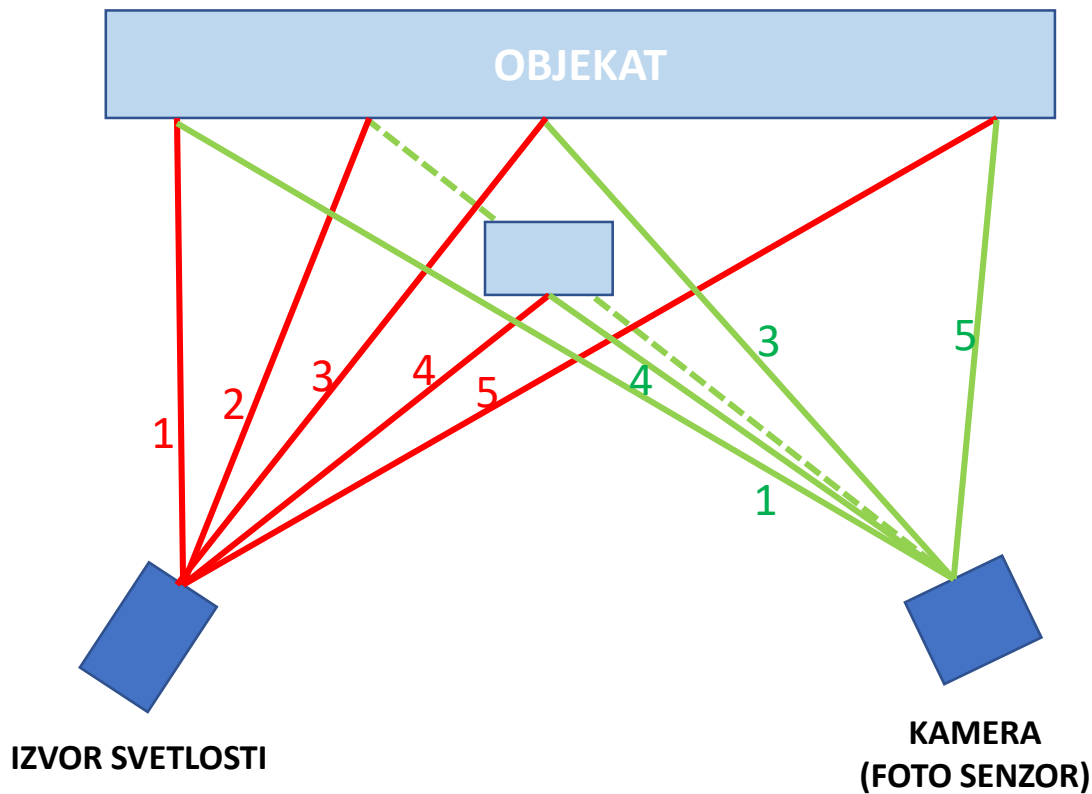
Strukturirana svetlost



Ukoliko umesto leve kamere postavimo projektor i projektujemo tačku na objekat (tačka P), na osnovu poznatog ugla projektovanja (možemo odrediti X_L) i pozicije na kojoj se tačka pojavila u ravni slike (X_R) možemo triangulacijom izračunati udaljenost tačke P , tj. Z .

Na ovom principu rade i 1-linijski laserski skeneri.

Višelinijaska triangulacija strukturiranom svetlošću



Prilikom projektovanja više identičnih svetlosnih linija na objekat, senzor ne može da „prepozna“ koja slika odgovara kojoj projektovanoj liniji.

U primeru na slici, redosled projektovanih linija je 1, 2, 3, 4 i 5, a redosled slika na senzoru je 1, 4, 3, 5 (2 nije ni detektovana na senzoru).

Da bi se mogle identifikovati linije na senzoru koje odgovaraju projektovanim linijama, potrebna je upotreba nekog sistema za kodiranje linija.

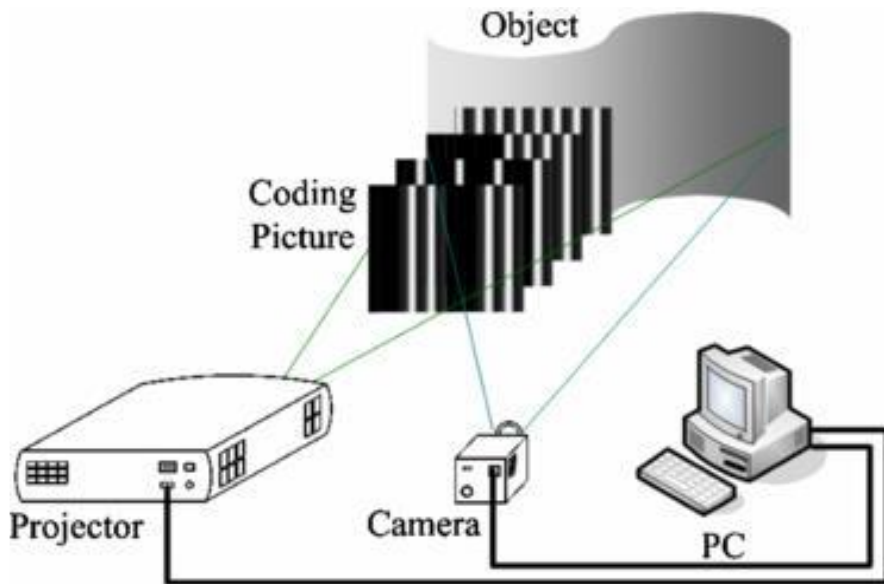
KODIRANJE LINIJA

Postoji više pristupa za kodiranje linija.

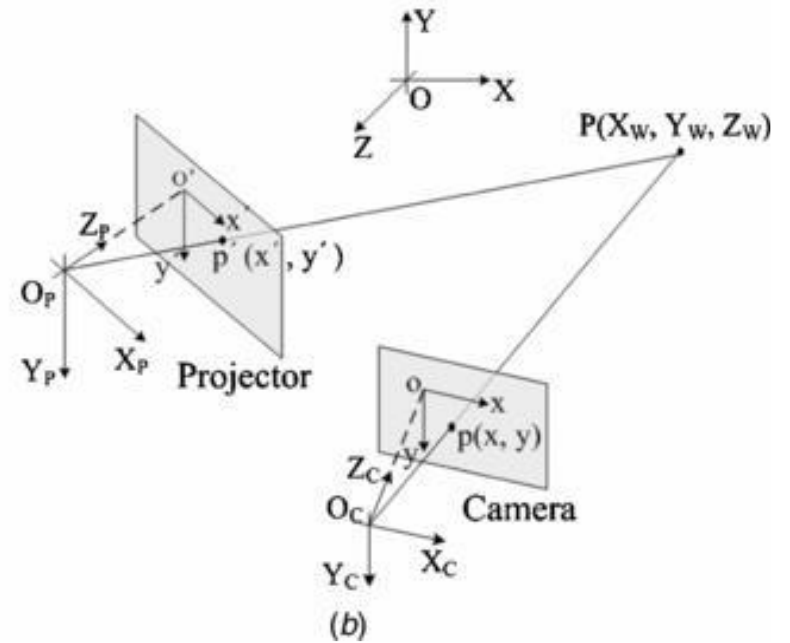
Kodni sistemi, koje ovde treba spomenuti su:

- 1) Kodiranje binarnim vremenskim paternima (šablonima)
- 2) Kodiranje graničnim linijskim kodom
- 3) Kodiranje u boji (de Bruinoovom sekvencom)

KODIRANJE LINIJA BINARNIM VREMENSKIM PATTERNIMA



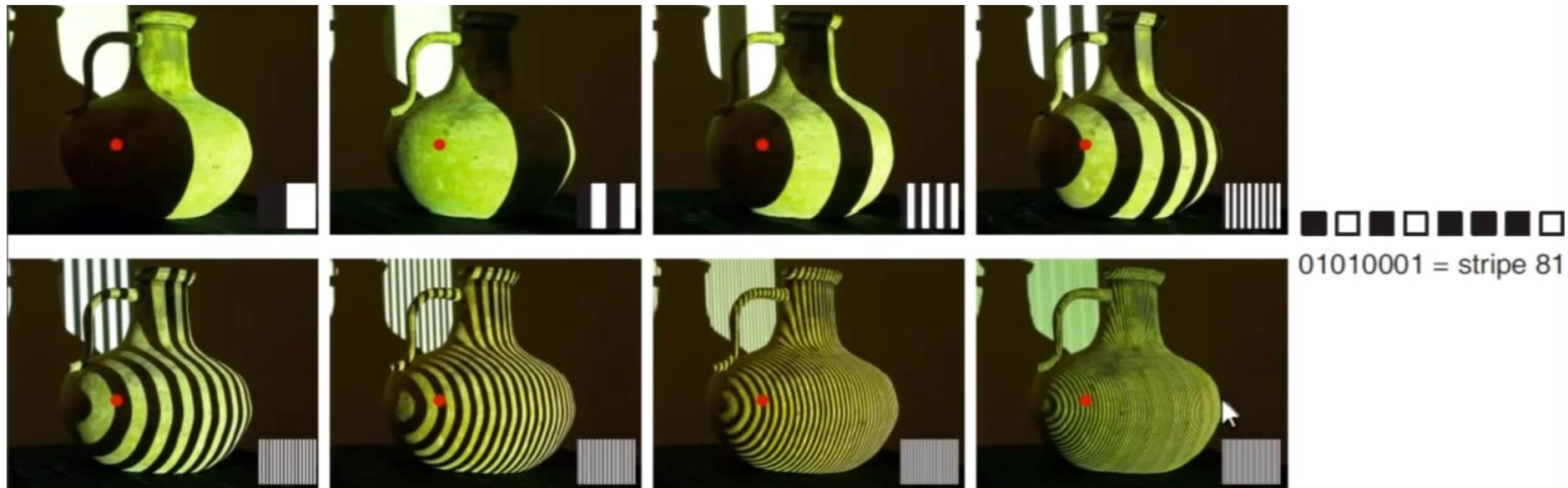
(a)



(b)

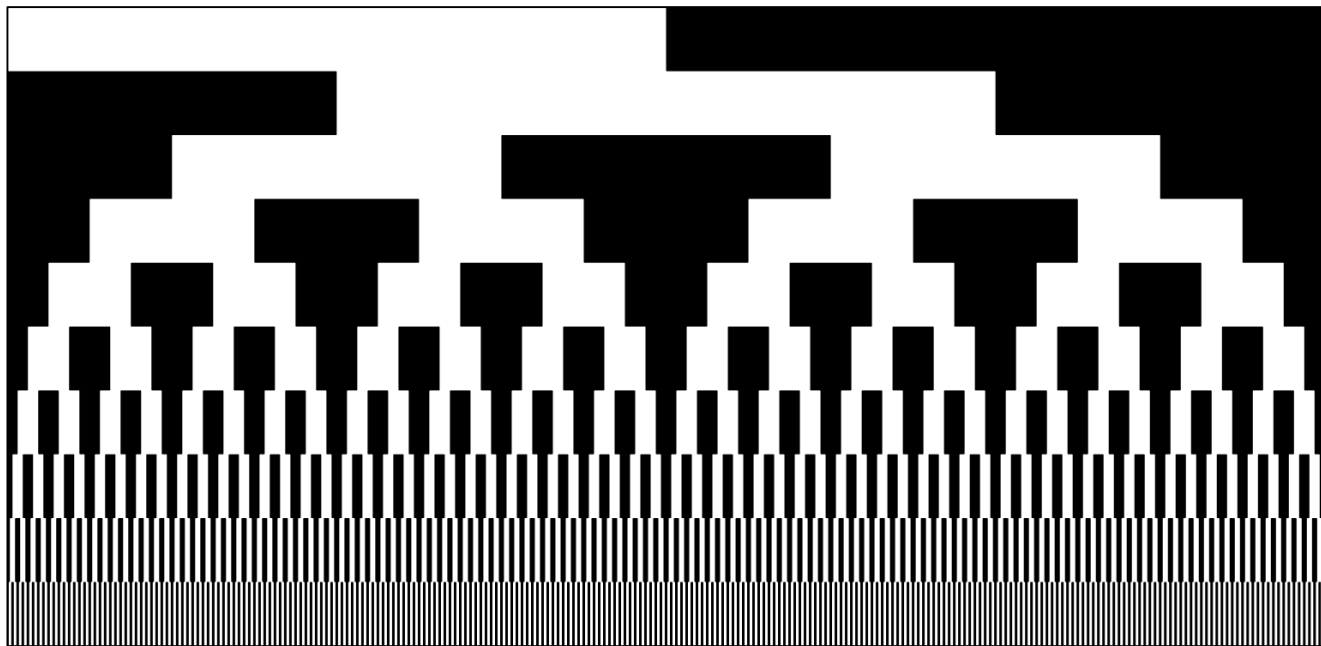
KODIRANJE LINIJA BINARNIM VREMENSKIM PATERNIMA

Primer na slici pokazuje kodiranje sa 8 paterna, kojima je omogućeno kodiranje 256 linija.



KODIRANJE LINIJA BINARNIM VREMENSKIM PATERNIMA

Primer na slici prikazuje kodni sistem sa 10 paterna, kojima je omogućeno kodiranje 512 linija.



KODIRANJE LINIJA BINARNIM VREMENSKIM PATERNIMA

- Ključna mana vremenskog kodiranja je potreba za određenim vremenskim intervalom u kojem se projektuju svi paterni.
- Veća rezolucija nameće potrebu za većim brojem paterna, čime se produžava trajanje skeniranja.
- Prethodno čini ovu vrstu kodiranja teško upotrebljivom u slučaju 3D digitalizacije živih objekata, pre svega ljudi, jer se u tom kratkom vremenskom intervalu potrebnom za projektovanje skupa paterna najčešće dogodi pomeranje (potreba za disanjem, nemogućnost zadržavanja u istom položaju i sl.).
- Treba spomenuti i ograničenje u pogledu rezolucije koje je diktirano mogućnostima projektora (u smislu finoće projektovanih linija).

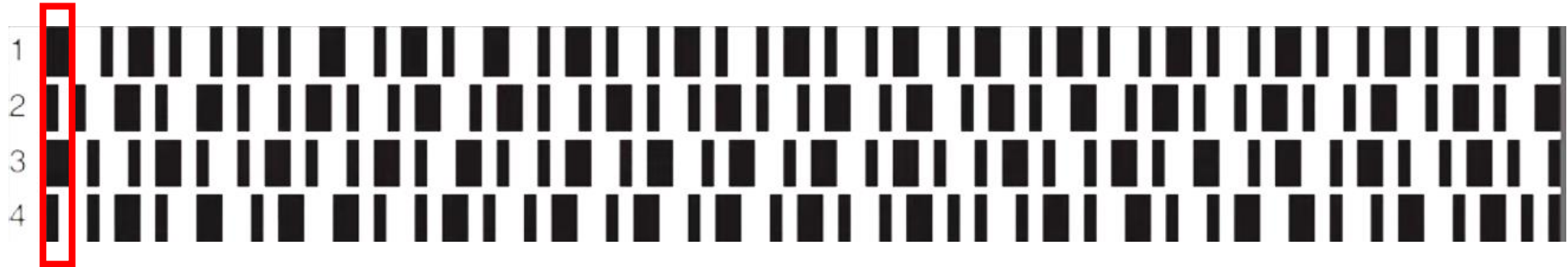


LINIJSKI GRANIČNI KOD

(eng. STRIPE BOUNDARY CODE)

Ovaj kodni sistem je zasnovan na analizi uzastopnih parova linija, pri čemu se svaka kombinacija (kod) pojavljuje samo jednom u okviru projektovanih paterna.

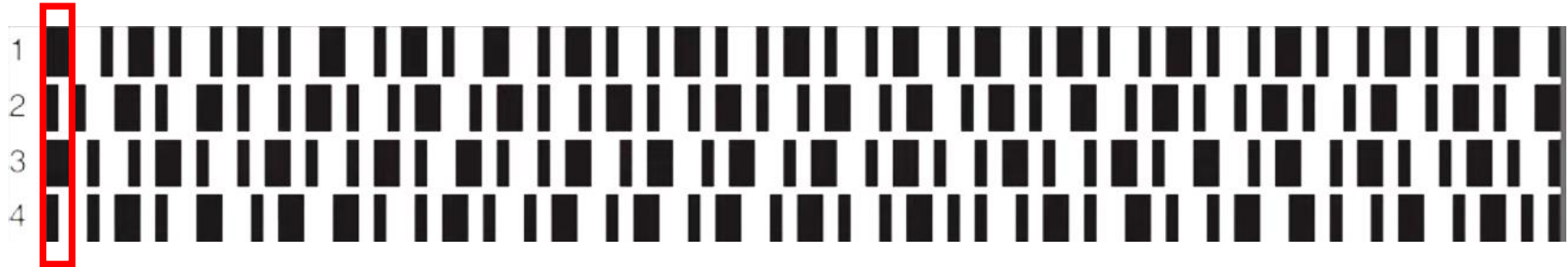
Umesto da tražimo sredinu svake od projektovanih linija, kod ovog kodnog sistema posmatramo granicu između dve uzastopne linije.



LINIJSKI GRANIČNI KOD

(eng. STRIPE BOUNDARY CODE)

Promena u prvom paru: CRNA-CRNA; CRNA-BELA; CRNA-CRNA;
CRNA-BELA se pojavljuje samo jednom u celom nizu.
To važi za sve kombinacije svih parova linija.
Na osnovu toga senzor „prepoznaje“ koja je koja linija.

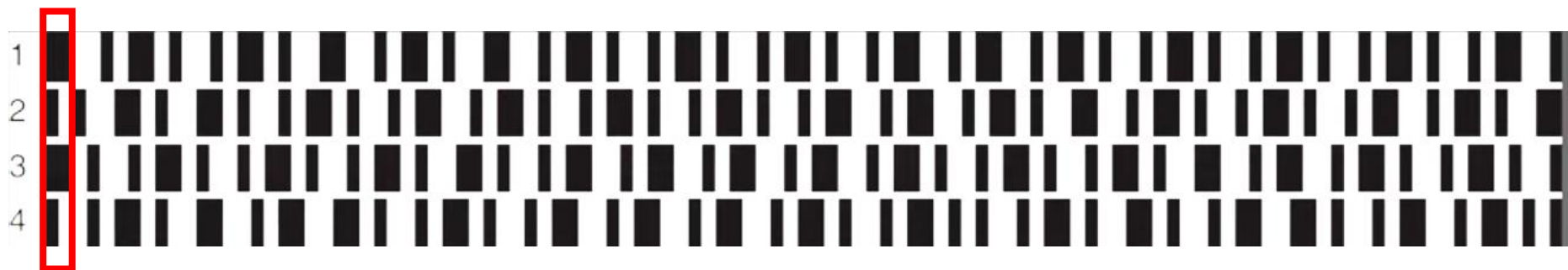


LINIJSKI GRANIČNI KOD (eng. STRIPE BOUNDARY CODE)

U ovom primeru je sa 4 paterna moguće kodirati 112 linija.

U odnosu na vremenski binarni kod, ovim kodnim sistemom je sa manje paterna moguće kodirati daleko veći broj linija, odnosno 16 naspram 112.

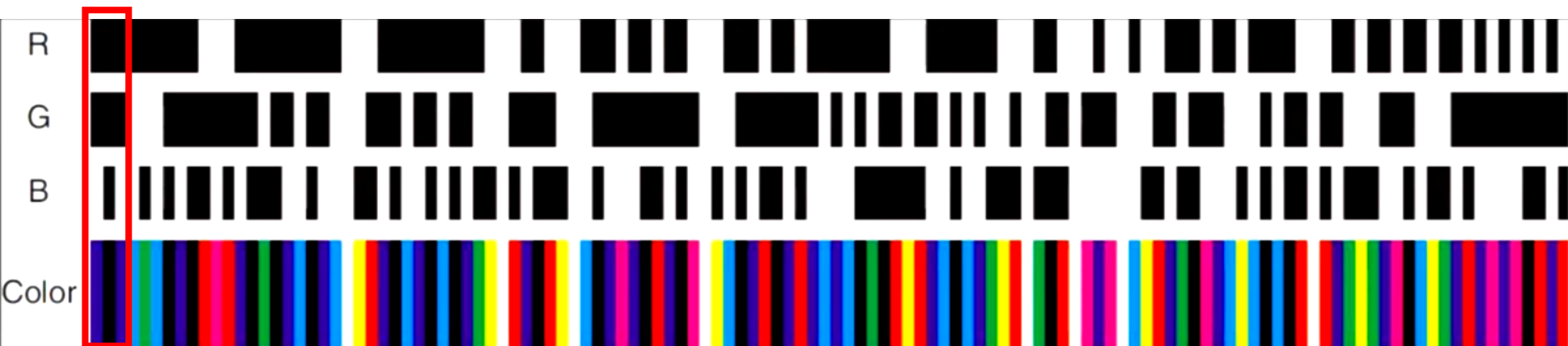
Time se skraćuje vreme skeniranja i povećava tačnost.



KODIRANJE LINIJA PATERNIMA U BOJI

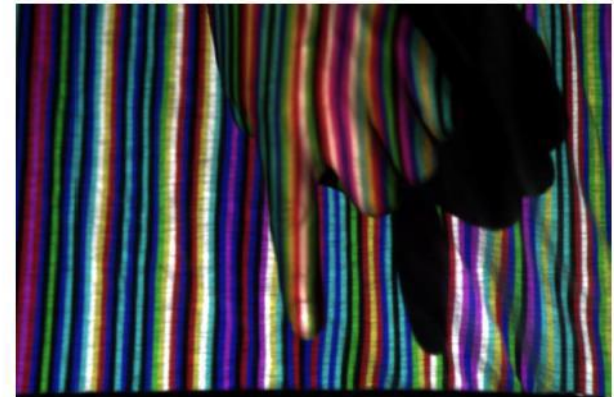
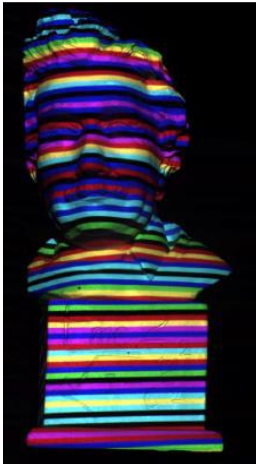
Ovo kodiranje je zasnovano na matematičkom modelu poznatom kao de Bruijn-ova sekvenca.

U primeru na slici promena u prve 3 linije RGB paterna (CRNA-CRNA-CRNA; CRNA-CRNA-CRNA; BELA-CRNA-BELA), generiše TEGET-CRNA-TEGET kombinaciju linija u boji, koja se u čitavom nizu linija u boji (125 linija) pojavljuje samo jedan put.



KODIRANJE LINIJA PATERNIMA U BOJI

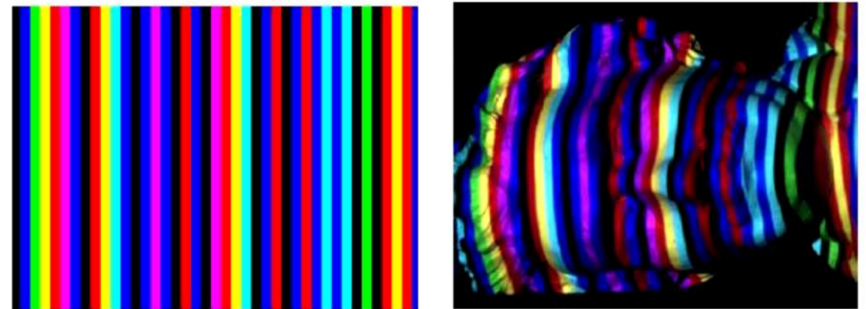
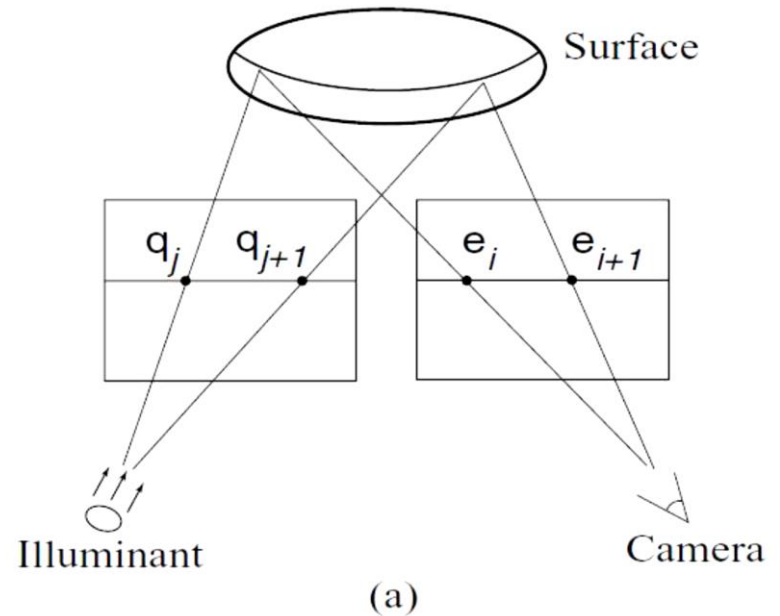
Prednost ovog načina kodiranja je u potrebi za samo jednim paternom („single-shot“ tehnika), čime se skraćuje vreme skeniranja i olakšava 3D digitalizacija živih objekata.



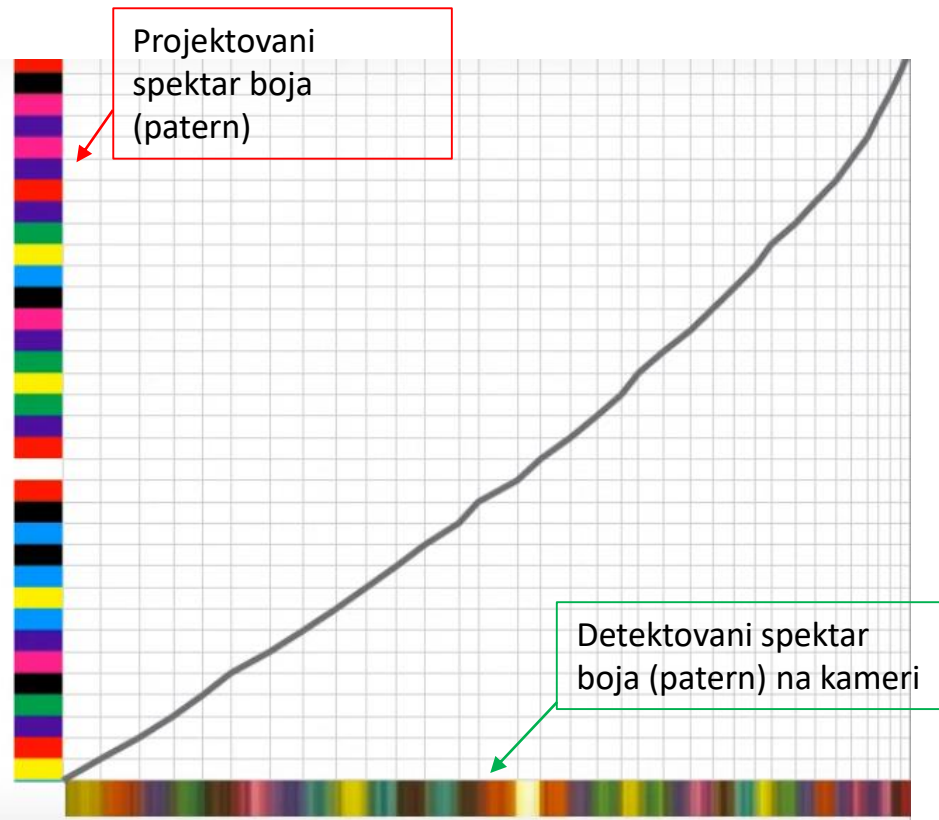
KODIRANJE LINIJA PATERNIMA U BOJI

Jedan patern u boji može da kodira i do 512 linija.

Projektor projektuje patern u boji na objekat, a kamera (foto osetljivi senzor) detektuje reflektovani niz boja.

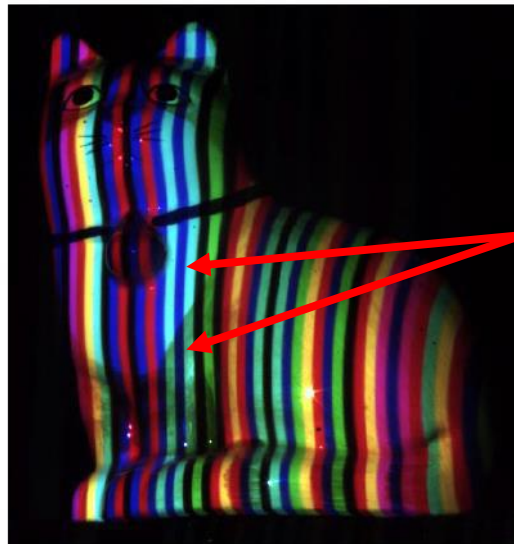


KODIRANJE LINIJA PATERNIMA U BOJI



KODIRANJE LINIJA PATERNIMA U BOJI

Nedostatak ovog načina kodiranja se ogleda u osetljivosti na boju površina objekta.



Jedna boja nije ista na svetlim i na tamnim površinama objekta, što može ugroziti tačnost kodiranja.

KODIRANJE LINIJA PATERNIMA U BOJI

- Patern detektovan na senzoru (tj. kameri) nikada nije oštar i jasan kao projektovani patern.
- Razlog za to je što je površina objekata koji se skeniraju u boji, zbog čega dolazi do promene boje linije na senzoru u odnosu na boju koja je projektovana.
- U tom pogledu su binarni paterni u prednosti, jer je kod njih razlika između crnih i belih linija uvek dovoljno jasna.

KALIBRISANJE

Kalibracija sistema je neophodan prvi korak koji se, po pravilu, izvodi uz pomoć kalibracionog panela, koji sadrži definisanu (poznatu) strukturu geometrijskih entiteta (tačke i krugovi).



KONSTRUKCIJA – PREDNOSTI PRIMENE 2 KAMERE

