

## PREPOZNAVANJE OTISKA PRSTA

# PREPOZNAVANJE OTISKA PRSTA

Otisak prsta – **SVAKI KONTAKT OSTAVLJA TRAG**

Jedna od najstarijih i najpoznatijih biometrijskih tehnologija.

Prvi identifikacioni sistemi ovog tipa razvijeni su još ranih šesdesetih godina prošlog vijeka.

Do nedavno, dominantno korišten u kriminalistici.

Razvoj računarske tehnologije omogućio je proširenje spektra aplikacija.

Čitači otiska prsta mogu biti veoma mali i relativno niske cijene.

Lako se integrišu u tradicionalne identifikacione sisteme.

Dobra alternativa tradicionalnim identifikacionim sistemima.

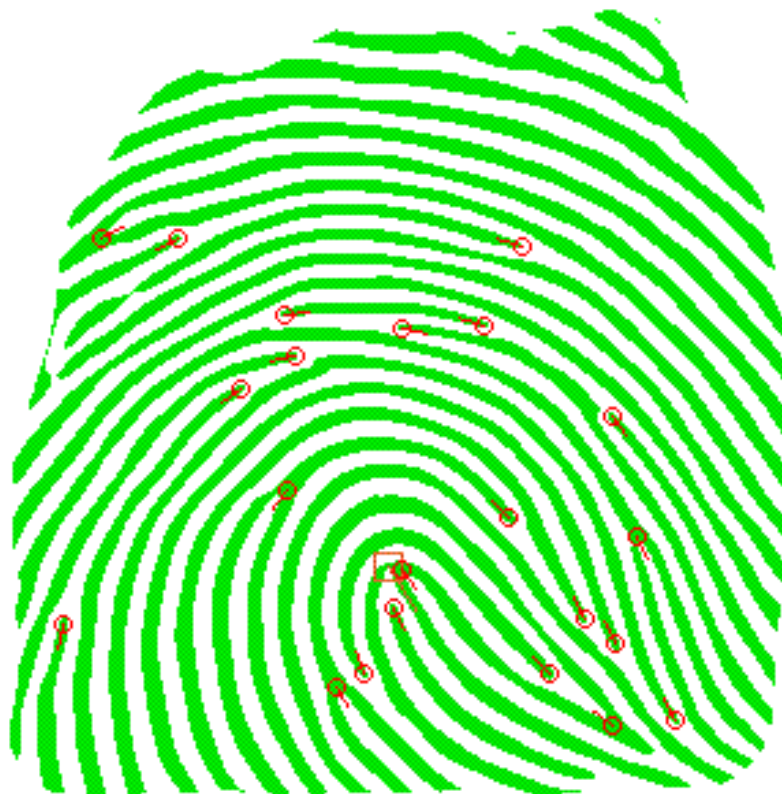


# PREPOZNAVANJE OTISKA PRSTA

Prepoznavanje otiska prsta se NE vrši prostim poređenjem sa slikom drugih, već poznatih otisaka.

Mnogo bolji način je izdvajanje detalja (karakterističnih tačaka), sa slike otiska prsta.

Karakteristične tačke su tačke gdje se linije otiska granaju ili završavaju.



# PREPOZNAVANJE OTISKA PRSTA

Prepoznavanje otiska se vrši upoređivanjem skupa karakterističnih detalja trenutno uzetog otiska sa skupovima karakterističnih detalja već poznatih otisaka.

Uopšte uzevši otisak prsta sadrži oko 100 karakterističnih detalja.

Dio otiska koji se obuhvata skenerom ima između 30 i 40 karakterističnih detalja.

U evropskim sudovima identifikacija se smatra vjerodostojnom ukoliko se najmanje 12 karakterističnih detalja identifikuje u otisku.

U uzorku od čak 10 miliona ljudi nije bilo dva čovjeka sa istih 12 karakterističnih detalja.

Najveći broj trenutno komercijalno raspoloživih skenera prepoznaje otisak prsta na osnovu 8 karakterističnih detalja.

Još od najranijih vremena čovjek je postao svjestan otiska prsta.

Neolitsko doba – predmeti sa otiscima prstiju.



Prva primjena u starom Vavilonu.

Otisak prsta na glinanim tablicama korišten je prilikom ugovaranja poslova.

# ISTORIJAT

Krajem XVIII vijeka - značajniji pomak u proučavanju otiska prsta.

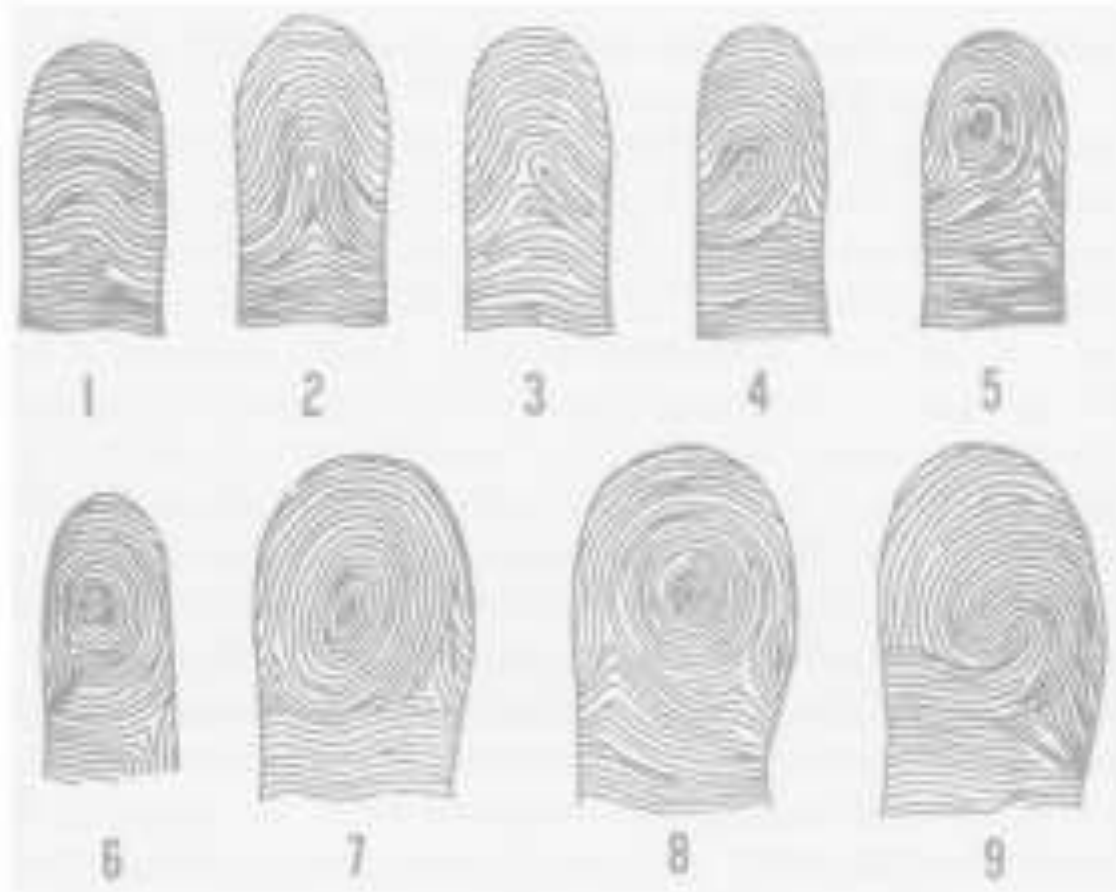
Njemački ljekar i anatom Mayer detaljno je opisao karakteristike papilarnih linija.



Na slici je prikazan crtež koji je napravio Mayer  
(vidi se detaljna struktura reljefa prsta)

# ISTORIJAT

Prvu klasifikaciju otisaka prstiju dao je Češki anatom Jan Purkinje 1823. godine.



Purkinjeova klasifikacija otisaka – 9 klasa, saglasno konfiguraciji.

# ISTORIJAT

1880. godine škotski naučnik *Henry Faulds* prvi je uočio mogućnost primjene otiska prsta pri identifikaciji osoba.

1888. godine, engleski naučnik *Sir Francis Galton* ustanovio je individualnost i stalnost otiska prsta. Uključio karakteristične tačke (minutiae) prilikom poređenja otisaka.

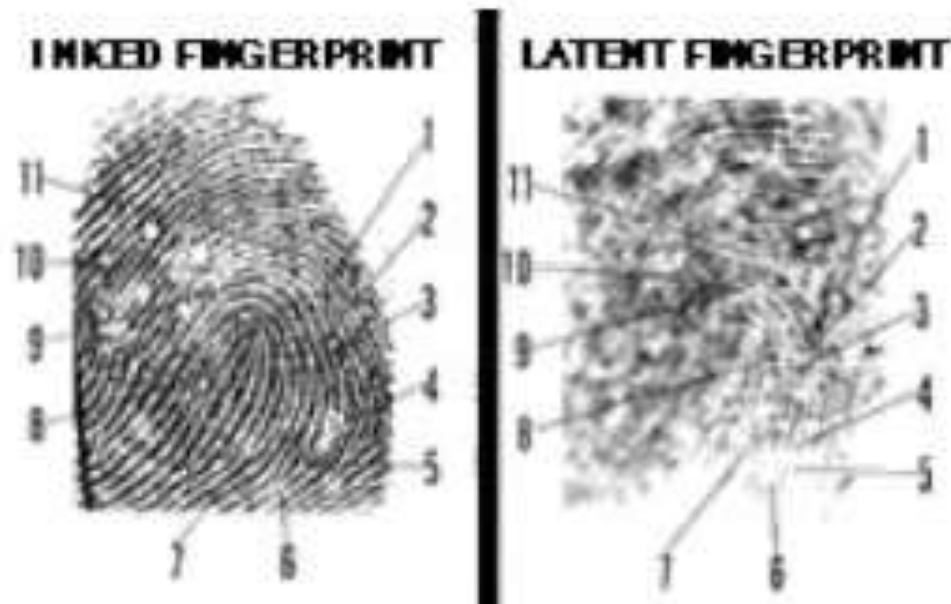
Argentinski antropolog i policijski inspektor *Juan Vucetich* (rođen na Hvaru) stvorio je prvu kartoteku otisaka prstiju 1891. godine.





Početak XX vijeka (1901 godine) u okviru *Scotland Yard*-a formiran je prvi biro za otiske prstiju.

Francuski ljekar i pravnik, *Edmond Locard*, je 1918. godine utvrdio i predložio 12 identičnih tačaka na otisku prsta, kao dovoljan uslov za uspješnu identifikaciju.



1991. godine počinje praktična primjena računara u oblasti prepoznavanja otisaka prstiju.

U SAD-u uveden prvi sistem baziran na računarima – *Automatic Fingerprint Recognition System (AFIS)*.

# KARAKTERISTIKE OTISKA PRSTA

Sa fiziološkog aspekta otisak prsta predstavlja konfiguraciju ispupčenja i udubljenja.

Linije koje formiraju ispupčenja nazivaju se papilarne linije.

Nepromjenjivost i individualna varijantnost papilarnih linija.

Papilarne linije se čak i kod monozigotnih blizanaca razlikuju.



# OBRACI OTISKA PRSTA

## Obrasci - globalne karakteristike otiska prsta



LOOP



CENTRAL POCKET LOOP



PLAIN WHORL



TENTED ARCH



PLAIN ARCH



DOUBLE LOOP



ACCIDENTAL

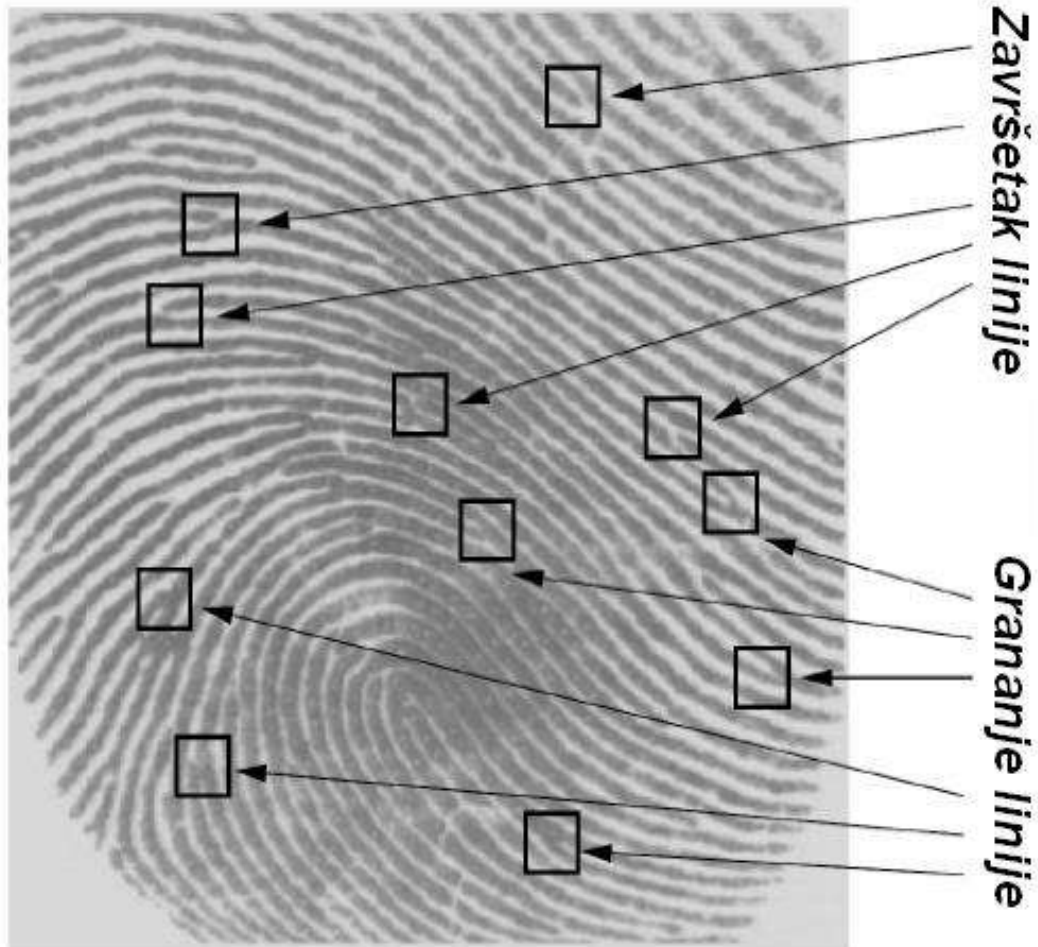
- Loop (petlja)
- Central pocket loop (jamičasta centralna petlja)
- Plain whorl (prosta spirala)
- Tented arch (jeloviti luk)
- Plain arch (prosti luk)
- Double loop (dvostruka petlja)
- Accidental (mješoviti, slučajan)

Zastupljenost:

- **60% - petljasti tipovi** (petlja, dvostruka petlja i jamičasta petlja )
- **30% - spiralni tipovi**
- **5% - lučni tipovi** (luk i jeloviti luk)
- **5% - mješoviti**

# KARAKTERISTIČNI DETALJI

## Karakteristični detalji – lokalne karakteristike



	Završetak
	Grananje
	Jezero
	Nezevisna brazda
	Tačka ili ostrvo
	Kljun
	Ukrštanje

**Postupak identifikacije:** svrstavanje u određeni tip otiska na osnovu obrasca, identifikacija na osnovu lokalnih karakteristika (detalja) .

# KARAKTERISTIKE OTISKA PRSTA

Osobine papilarnih linija koje ih čine veoma pogodnim za identifikaciji su:

- **Nepromenljivost broja i rasporeda minucija** - Niko ne može svojevolumno izmijeniti izgled papilarnih linija već ih samo trajno uništiti;
- **Neponovljivost** – Postoji veliki broj detalja (minucija). Ne postoji mogućnost da se dva otiska podudaraju. Francuski matematičar *Baltasar* je matematičkim putem dokazao da je takva vjerovatnoća praktično jednaka nuli;
- **Grupisanje** – Vrlo važna osobina otisaka prstiju koja omogućava njihovu klasifikaciju na osnovu opštih (globalnih) sličnosti. Ovo dovodi do znatnog smanjenja vremena potrebnog za identifikaciju.

# ■ POSTUPAK PREPOZNAVANJA OTISKA PRSTA

## Faze postupka prepoznavanja otiska prsta:

- **Skeniranje otiska.**
- **Obrada rezultata skeniranje** – poboljšanje kvaliteta snimka (redukcija šuma), binarizacija, istanjivanje.
- **Izdvajanje karakteristika** (obrazac, karakteristični detalji, uklanjanje lažnih detalja).
- **Upoređivanje.**

# ZAŠTO OBRADA REZULTATA SKENIRANJA?



High contrast print



Typical dry print



Faint print



Low contrast print

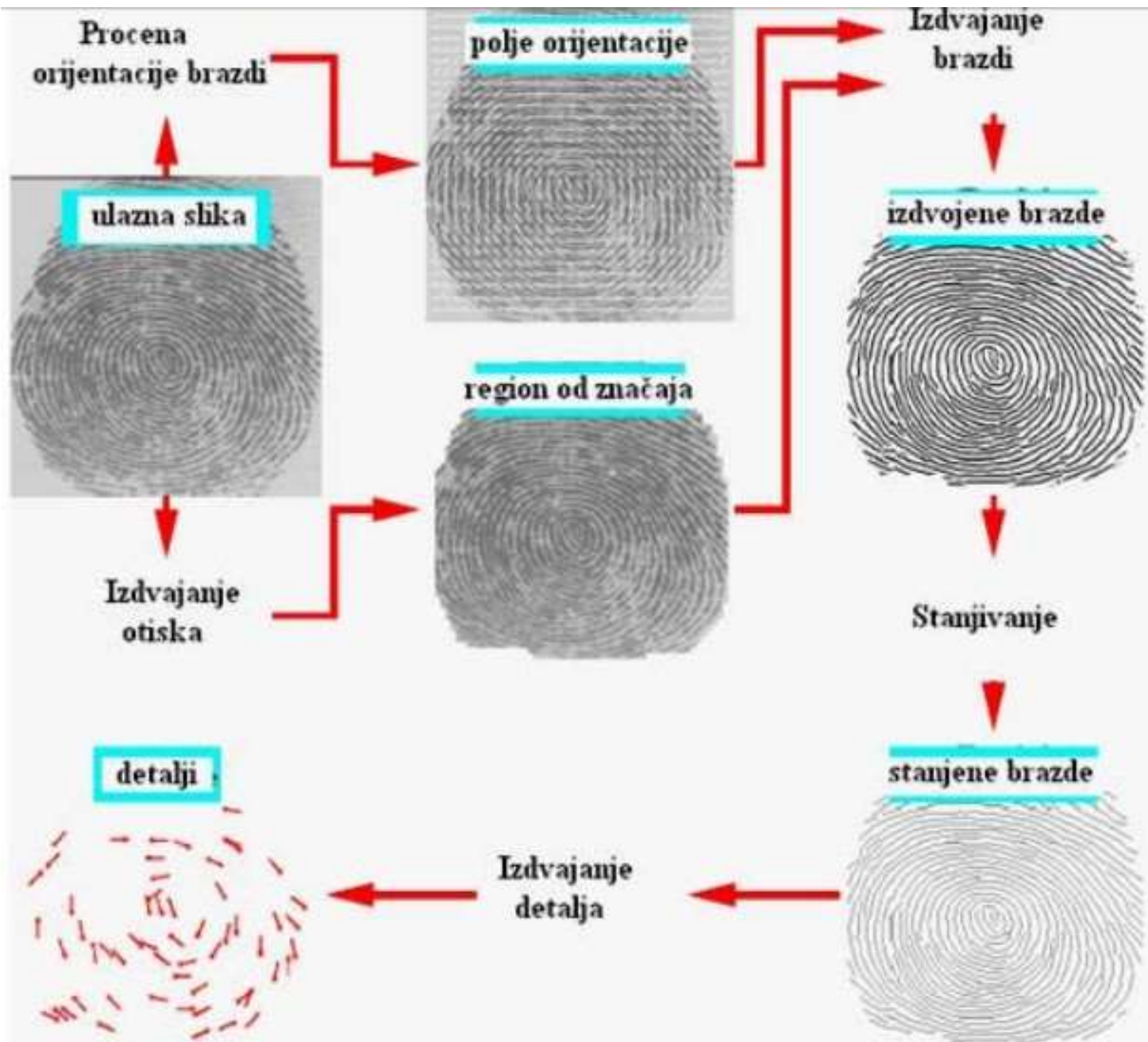


Typical Wet Print

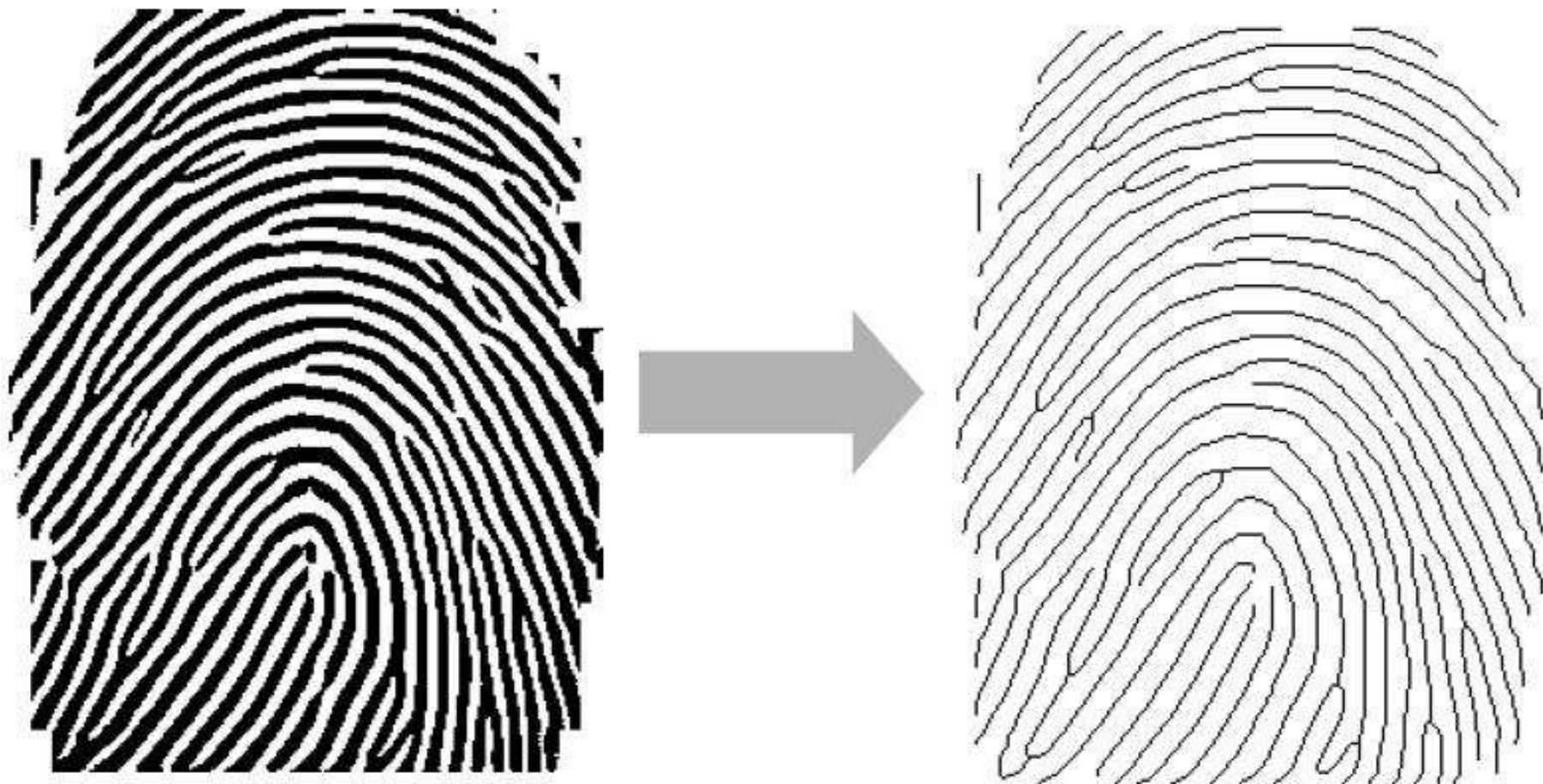


Creases

# OBRADA REZULTATA SKENIRANJA



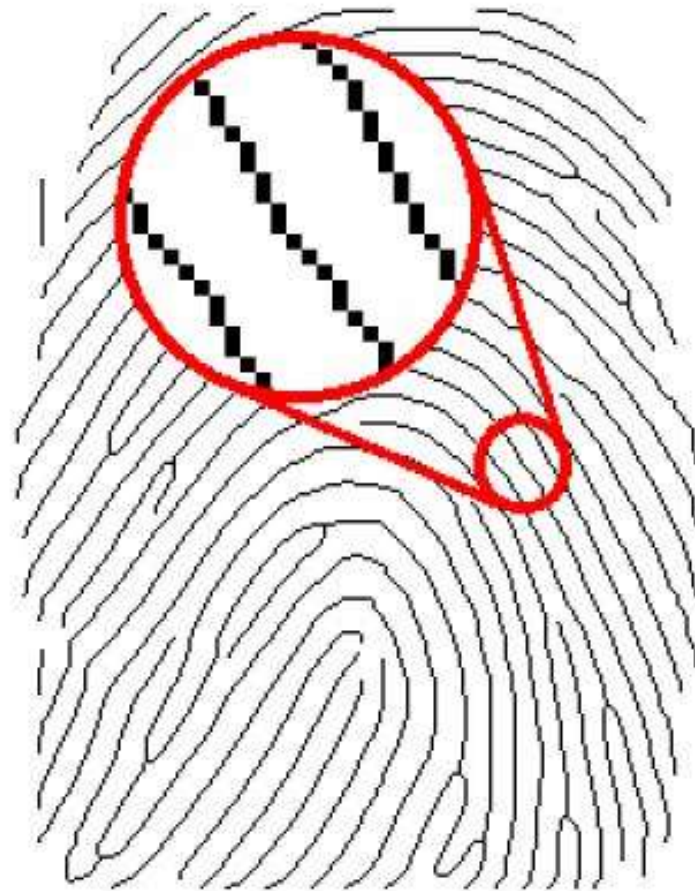
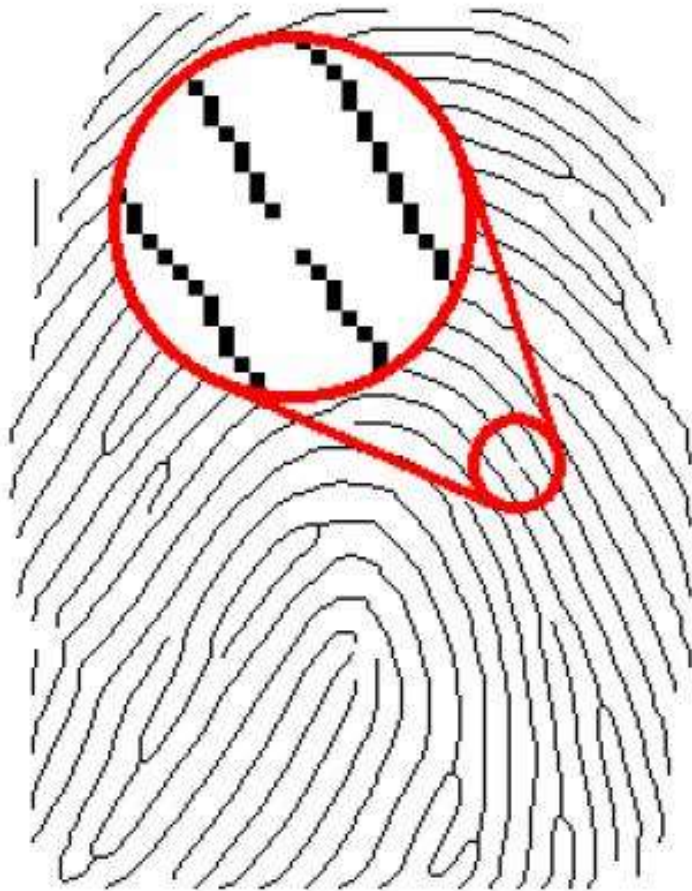




**Razlog: pojednostavljenje detekcije karakterističnih tačaka**

**Kada su papilarni linije široke svega 1 pixel operacije detekcije karakterističnih tačaka se vrši na malom broju pixela.**

# OBRADA ISTANJENIH LINIJA

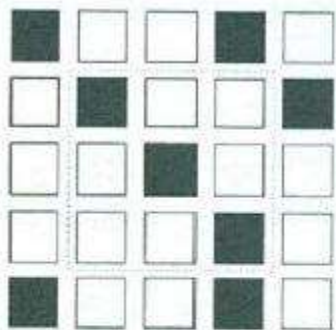


Detekcija i popunjavanje praznina u istanjenim papilarnim linijama.

# IZDVAJANJE KARAKTERISTIČNIH DETALJA

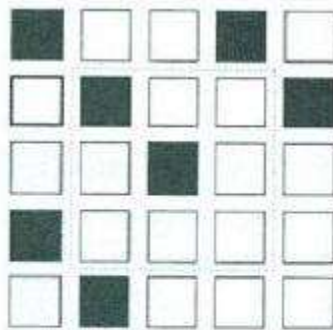
$cn(p)$  – presječni broj (crossing number) za pixel  $p$  u binarnoj slici definisan je kao polovina sume razlika između vrijednosti 8 njemu susjednih (graničnih) piksela.

$$cn(p) = \frac{1}{2} \sum_{i=1..8} |val(p_{i \bmod 8}) - val(p_{i-1})|$$



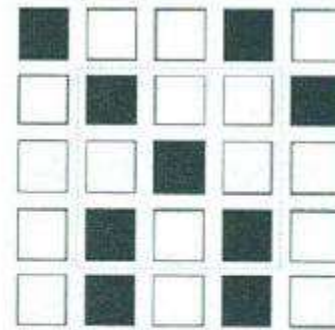
a)  $cn(p) = 2$

a) pixel unutar papilarne linije



b)  $cn(p) = 1$

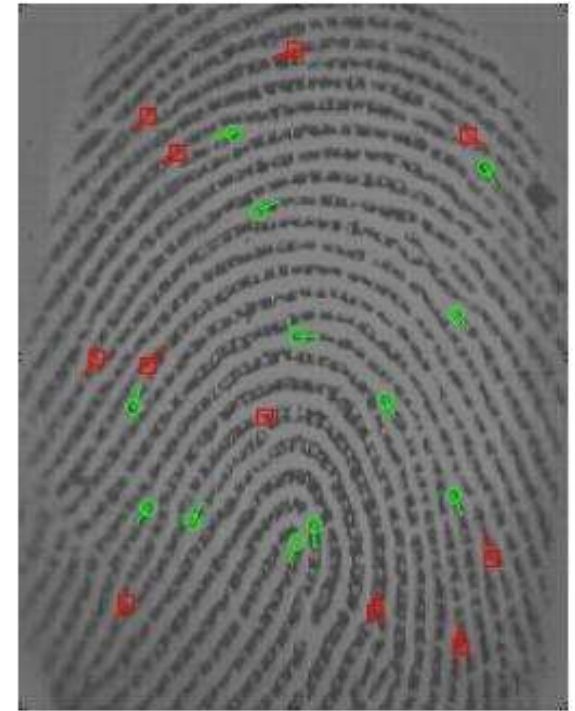
b) pixel na kraju papilarne linije



c)  $cn(p) = 3$

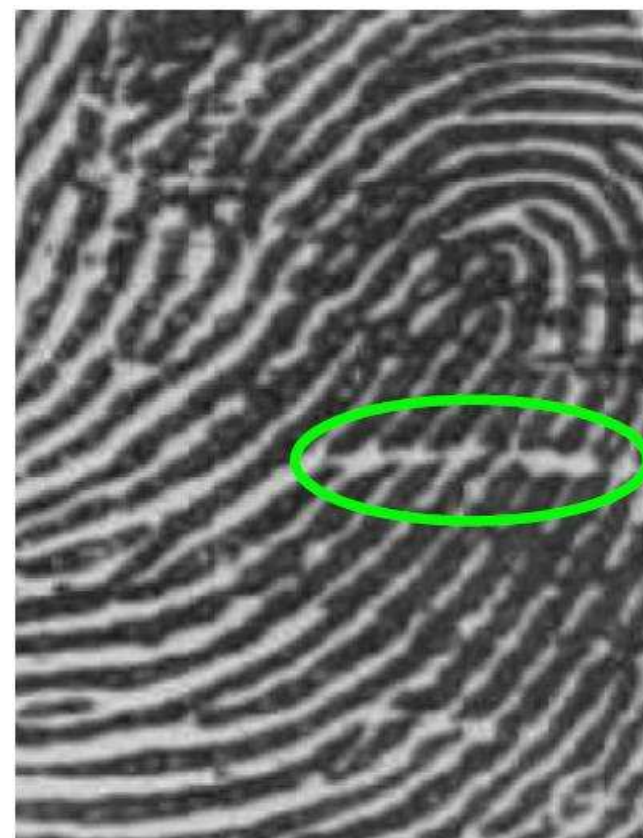
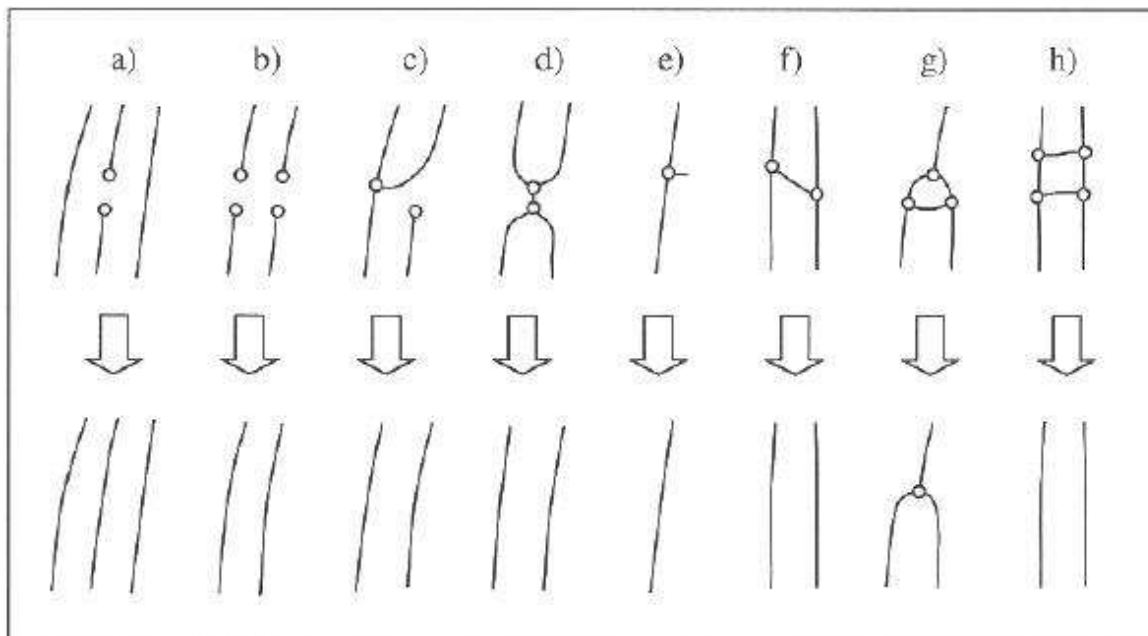
c) pixel na grananju kapilarnih linija

# IZDVAJANJE KARAKTERISTIČNIH DETALJA

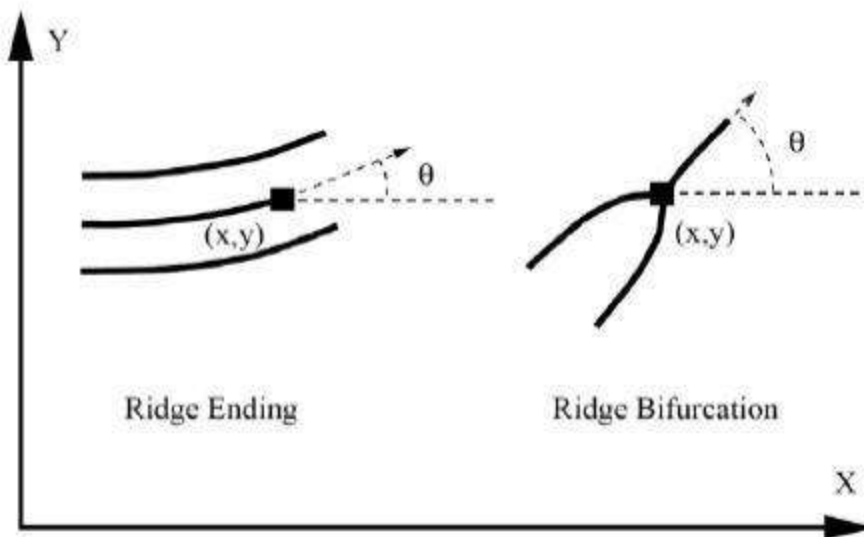
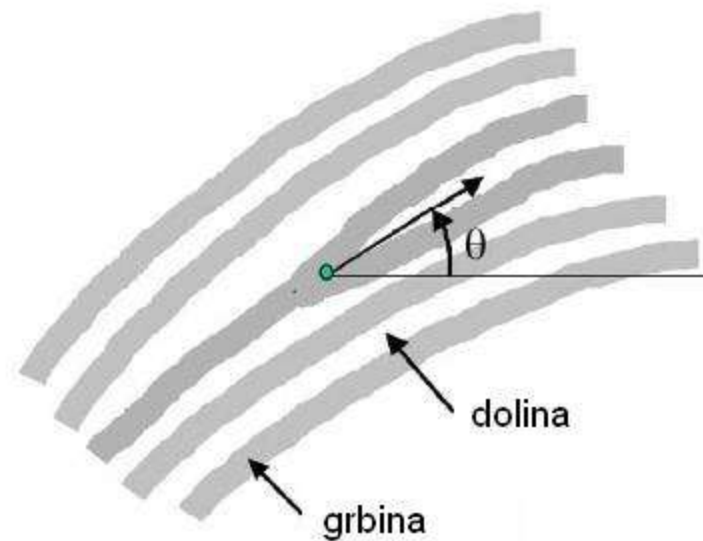
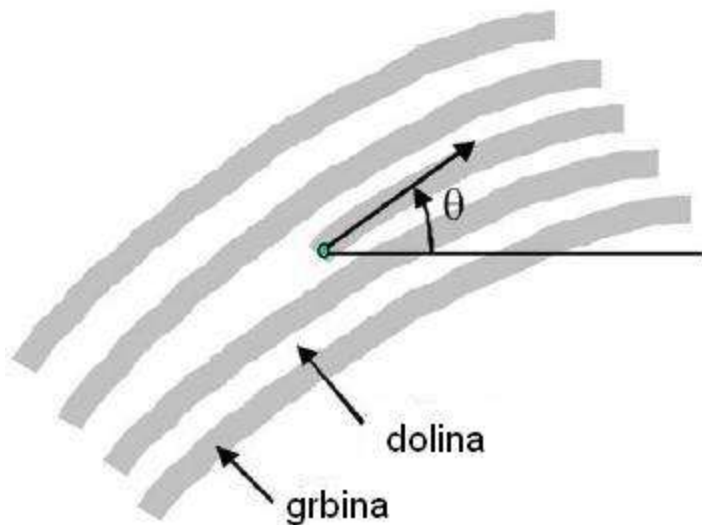


# FILTRIRANJE KARAKTERISTIČNIH DETALJA

## Uklanjanje lažnih karakterističnih detalja



# MJERENJE KARAKTERISTIČNIH DETALJA



# UPOREĐIVANJE KARAKTERISTIČNIH DETALJA

- Svaki otisak prsta se može predstaviti setom karakterističnih detalja.
- Svaki karakteristični detalj je definisan tipom, pozicijom i uglom.
- Prilikom upoređivanja dva otiska poredе se njihovi setovi karakterističnih detalja

# UPOREĐIVANJE KARAKTERISTIČNIH DETALJA

## Problemi:

- Različita pozicija prsta na senzorskoj površini.
- Različito usmjerenje prsta na senzorskoj površini.
- Nelinearna distorzija kože kao rezultat različitog pritiska na senzorsku površinu.
- Lažni karakteristični detalji.
- Odsustvo nekih karakterističnih detalja kao rezultat oštećenja, prljavštine znojenja ili lošeg prislanjanja prsta na senzorsku površinu.



# UPOREĐIVANJE KARAKTERISTIČNIH DETALJA

- **Mustra**  $T = \{m_1, m_2, \dots, m_m\}$   $m_i = \{x_i, y_i, \theta_i\}$   $i = 1..m$
- **Podaci za provjeru**  $I = \{m'_1, m'_2, \dots, m'_n\}$   $m'_j = \{x'_j, y'_j, \theta'_j\}$   $j = 1..n$
- **Prostorna distanca**  $sd(m'_j, m_i) = \sqrt{(x'_j - x_i)^2 + (y'_j - y_i)^2}$
- **Razlika smjera**  $dd(m'_j, m_i) = \min(|\theta'_j - \theta_i|, 360^\circ - |\theta'_j - \theta_i|)$
- $sd$  i  $dd$  moraju biti manji od praga odlučivanja
- Mora se pronaći **povezanost** između  $m_i$  u  $T$  i  $m'_j$  u  $I$
- Ukoliko veza postoji, transformacijama **skaliranja** i **rotacije** mogu se minimizirati rezultati  $sd$  i  $dd$ .

## Procjena podudarnosti:

- **1. pristup:** brojanje parova karakterističnih detalja za u  $l$  i  $T$  sa  $sd$  i  $dd$  manjim od praga.
- **2. pristup:** suma dobijenih kvadratnih ditanci.

## Postoje:

- Optički čitači,
- Kapacitivni čitači,
- Ultrasonični čitači,
- Termički čitači,
- Senzori električnog polja
- ...

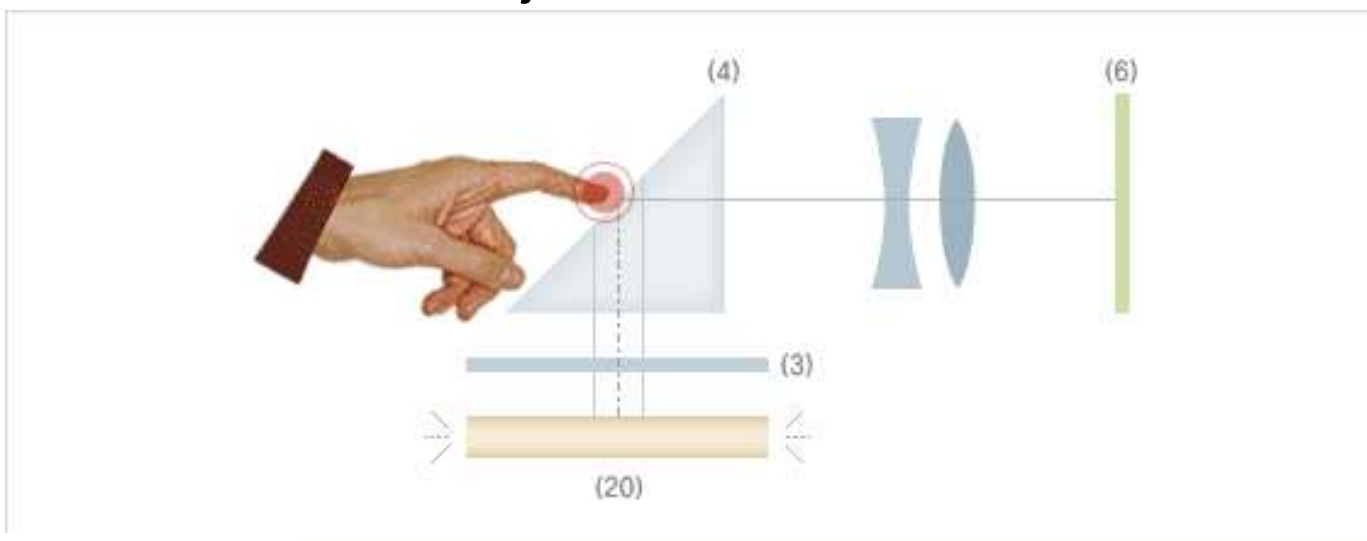
# OPTIČKI ČITAČI OTISKA PRSTA

Kada se koristi optički senzor, prst se pristisne na, za to predviđenu, pločicu.

Nakon toga prst se osvjetli sa LED izvorom svjetlosti.

Kroz prizmu i sistem sočiva slika se projektuje na kameru.

Kamera može biti CCD ili modernija CMOS.



# ULTRASONIČNI ČITAČI OTISKA PRSTA

**Ultrasonična tehnika je zasnovana na postojanju razlike u akustičnoj impedansi na koži prsta.**

**Senzori koji se koriste u ovoj tehnici nijesu novi. Već se dugi niz godina koriste u medicini za pravljenje eho-snimka.**

**Frekventni opseg koji ovi senzori upotrebljavaju je od 20KHz pa do nekoliko GHz.**

**Vršne frekvencije moraju biti u mogućnosti da skeniraju kožu prsta sa rezolucijom od oko 500dpi (oko 200 tačaka po cm).**

**Ova rezolucija je neophodna da bi se mogle prepoznavati karakteristične tačke na koži prsta.**

# KAPACITIVNI ČITAČI OTISKA PRSTA

Kapacitivni senzori su veličine pečata.

Kada se prst postavi na senzor, niz piksela mjeri varijacije u kapacitivnosti između senzora i prsta.

Varijacije su posljedica postojanja brazdi na koži prsta.



**Senzori koji mjere temperaturu prsta mogu biti manji od samog prsta.**

**Podaci o temperaturi mogu se dobiti prelaskom prsta preko senzora.**

**Senzori sadrže niz tačaka kojima se može detektovati razlika temperature kože (bore na koži prsta) i vazduha (udubljenja na koži prsta).**

**Senzori električnog polja su poluprovodnički senzori veličine pečata.**

**Ovi senzori stvaraju električno polje i pomoću niza piksela mjere varijacije u polju.**

**Varijacije su posljedica naboranosti kože prsta.**

**Zavisno od proizvođača varijacije električnog polja se detektuju u provodnom sloju kože, ispod površine kože ili u epidermu.**



## Problemi:

- **Velike izloženosti prstiju djejtvu spolješnje sredine.**  
Posjekotine ili prljavština često otežavaju proces prepoznavanja.
- **Mogućnost relativno jednostavnog falsifikovanja otiska.**  
Mogućnost dobijanja kopije otiska bez znanja vlasnika



**Tanka silikonska oblada kao kopija otiska prsta**

**Rade se mnoga istraživanja sa ciljem da se obezbijedi da samo prst bez ikakvih dodatnih vještačkih dijelova može biti identifikovan.**

**Pažnja se usredsređuje na osobine kao što su:**

- temperatura,**
- provodljivost,**
- puls,**
- dielektrične konstante,**
- krvni pritisak, itd..**

## Primjene

- Kriminalistika
- Uređaji za kontrolu pristupa na vratima zgrada.
- Kontrola pristupa kompjuterskim mrežama.
- Banke upotrebljavaju fingerprint čitače za autorizaciju
- Point-Of-Sale (POS) za komercijalne i vladine aplikacije

# PREPOZNAVANJE OTISKA PRSTA



Čitač otiska



Kod



Identifikator



Mehanički ključ



Baterija od 9V za reset brave

## Fingerprint Door Lock 6600-92.

Čitač može sadržati do 78 profila otiska prsta, visokog kvaliteta.  
FAR čitača je manji od 0.0001% dok je FRR manji od 1%.

# PREPOZNAVANJE OTISKA PRSTA



**Uređaj za evidenciju prisustva i kontrolu pristupa REXECU-5100.**

**Uređaj može sadržati do 6000 profila, veličine 256 okteta. FRR mu je manji od 0.01% a FAR manji od 0.00001%.**

# PREPOZNAVANJE OTISKA PRSTA



**Još neke primjene tehnologije identifikacije otiska prsta.**

# FINGERPRINT SENZOR



## Optički sensor

Obezbjeđuje sliku linija otiska prsta

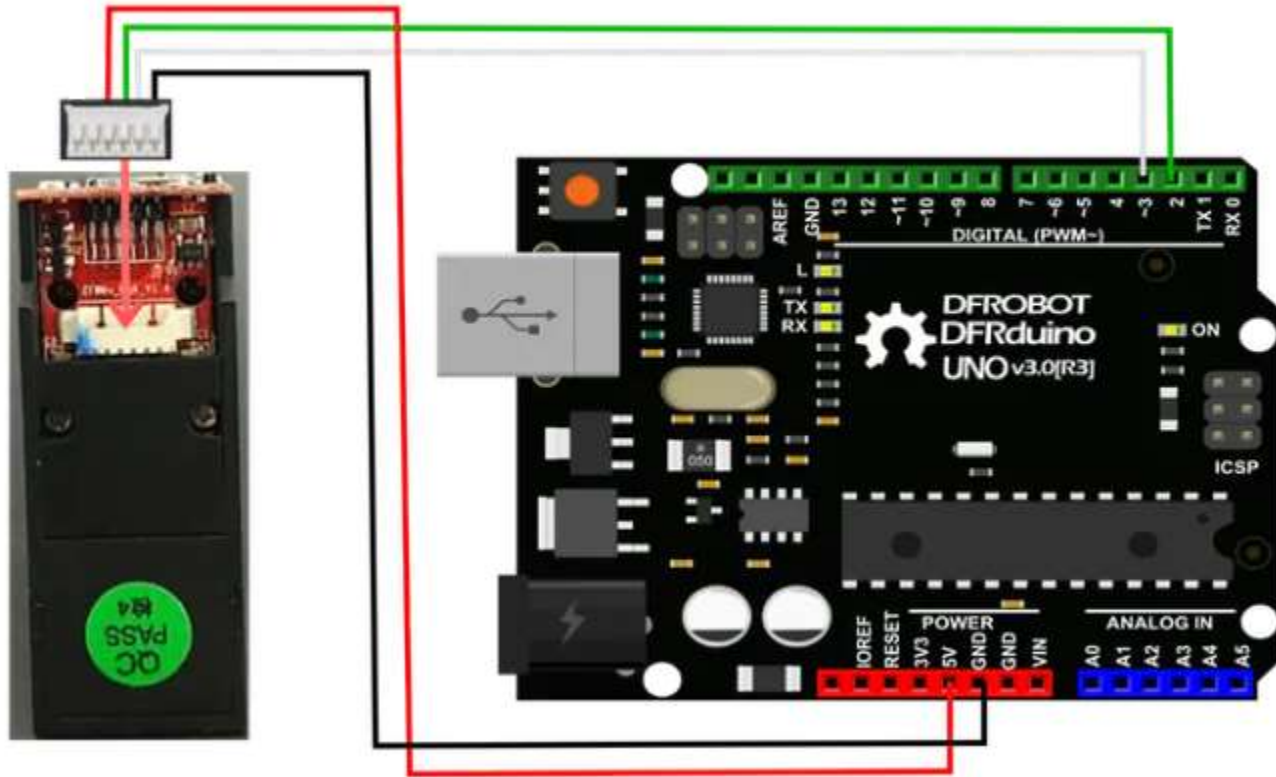
Upotrebom odgovarajućeg algoritma poredi karakteristika dobijenog otisak sa postojećim podacima.

- Napajanje: DC 3.8V-7.0V
- Radna struja: 65mA (tipično)
- Interfejs: UART (TTL logical level)
- Srednje vrijeme pretraživanja: <1s (1:500, prosječno)
- Bezbjednosni nivo: 5(1, 2, 3, 4, 5(najviši))
- Radna sredina: Temp: -20°C to +60°
- Dimenzije senzorske površine: 14.5\*19.4 mm
- Spoljašnje dimenzije: 54\*20\*20.5 mm





# POVEZIVANJE SENZORA SA ARDUINOM



- Crvena na 5v,
- Crna na GND,
- Zelena na pin D2
- Bijela na pin D3

# INSTALIRANJE BIBLIOTEKE

**Za rad sa senzorom iz Arduino razvojnog okruženja potrebno je instalirati biblioteku, koja se može preuzeti sa linka:**

<https://github.com/adafruit/Adafruit-Fingerprint-Sensor-Library>

Za instaliranje biblioteke potrebno je odraditi sljedeća tri koraka:

Dodajte biblioteku selektovanjem Add ZIP u SKETCH meniju, INCLUDE Library opcija.

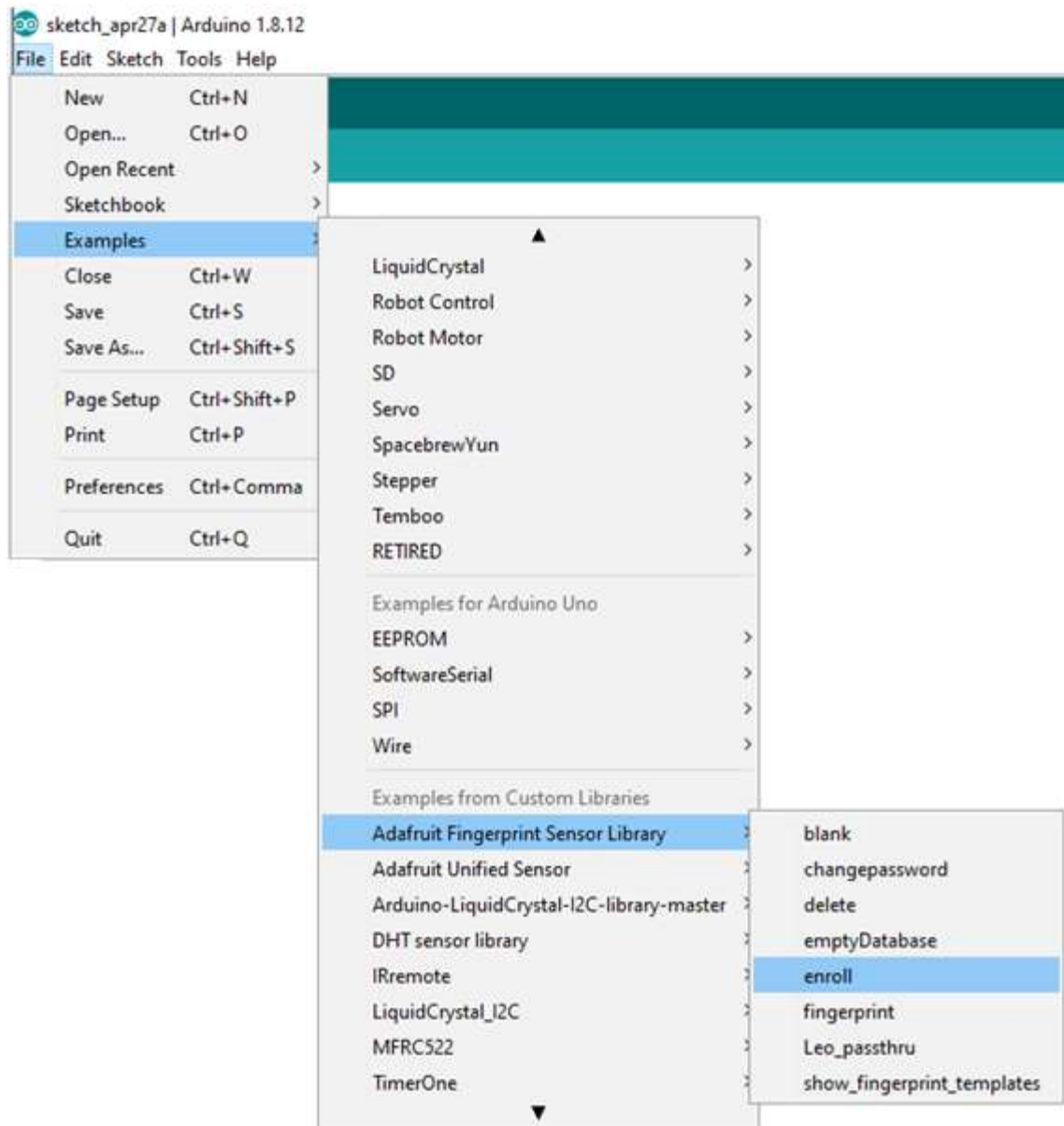
Otvoriti arduino IDE

Zatim, selektovati .zip fajl sa lokacije na kojoj je fajl sačuvan.

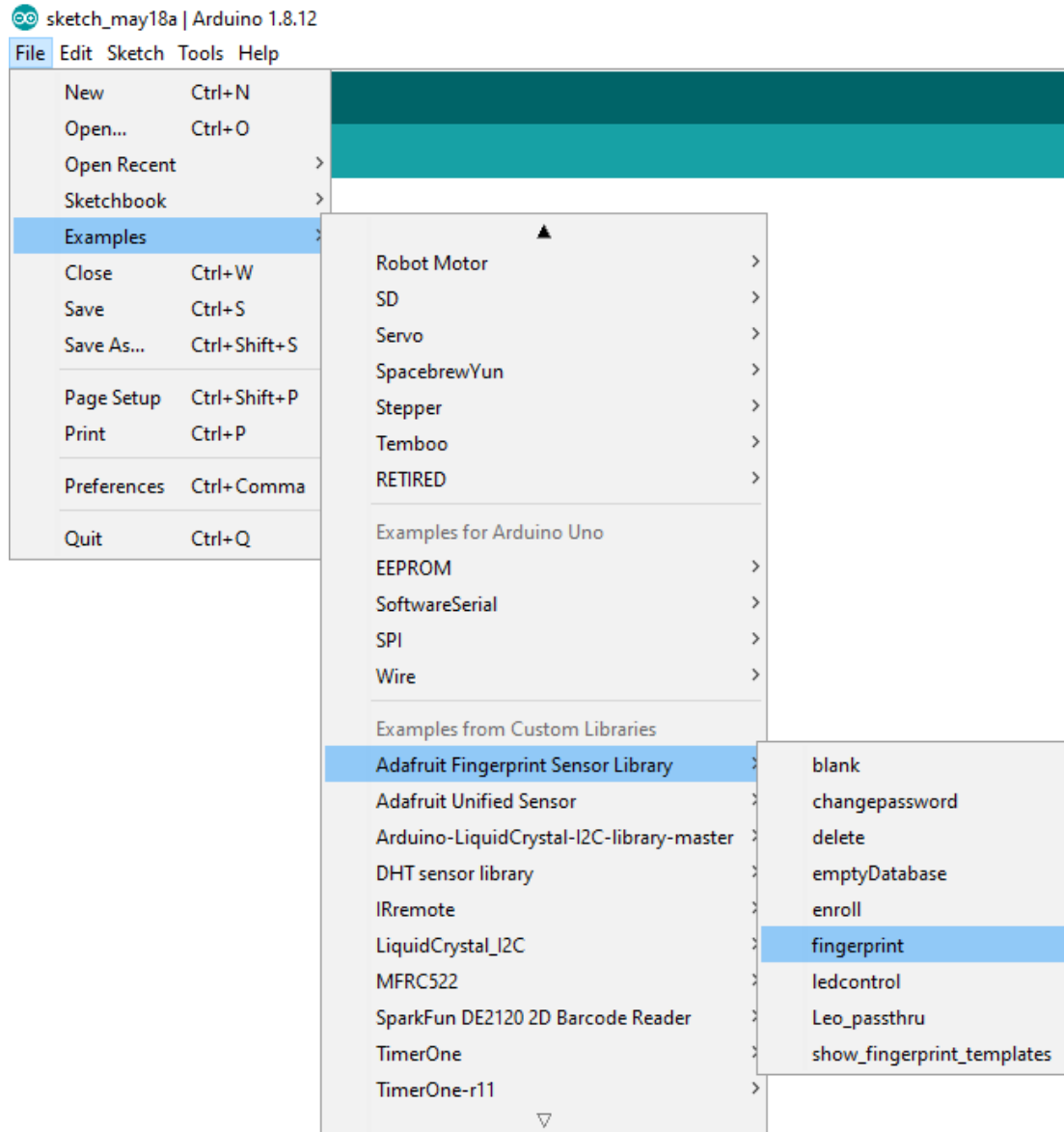
Detaljnije informacije o biblioteci mogu se vidijeti na adresi:

[https://adafruit.github.io/Adafruit-Fingerprint-Sensor-Library/html/class\\_adafruit\\_fingerprint.html](https://adafruit.github.io/Adafruit-Fingerprint-Sensor-Library/html/class_adafruit_fingerprint.html)

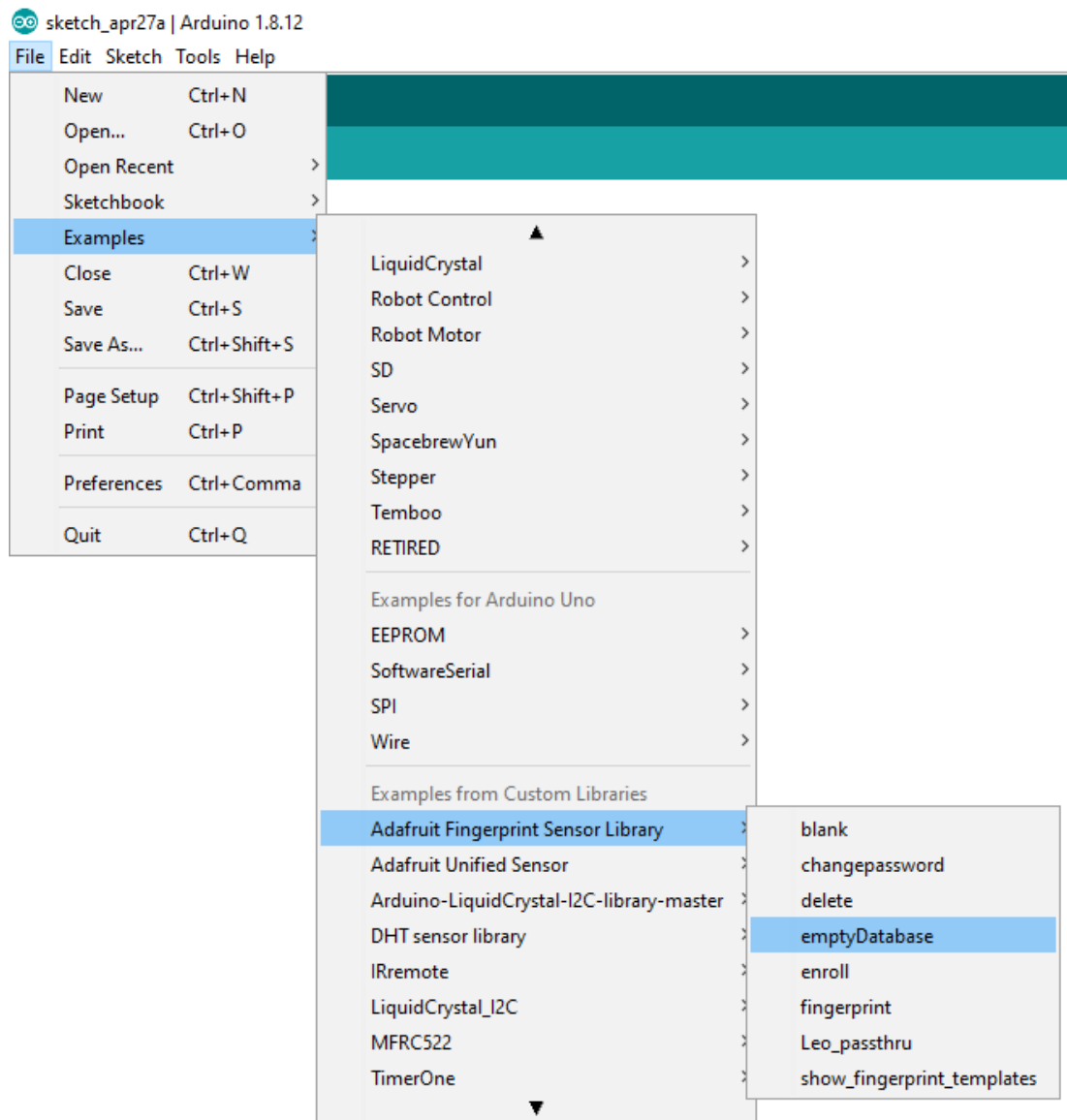
# UPISIVANJE OTISKA



# PREPOZNAVANJE OTISKA



# BRISANJE PODATAKA IZ ČITAČA



Naparni pritisak tastera prevodi uređaj u mod prepoznavanja, otiska prsta. Dok je uređaj u modu prepoznavanja na LCD-u, u gornjem redu, piše „PREPOZNAVANJE“. Po očitavanju otiska i pokušaju prepoznavanja u donjem redu se ispisuje rezultat prepoznavanja. Ukoliko je otisak prepoznat ispisuje se: „Prepoznat: #ID“ (pri čemu je ID broj pod kojim je otisak upisan), ukoliko nije prepoznat ispisuje se: „Nepoznat otisak“. Ovi ispisi traju 5 sekundi nakon čega se ispis u donjem redu displeja briše. Oba događaja prate odgovarajućim zvučnim signalom.

Parni pritisak tastera, kao i reset i startovanje, prevodi uređaj u mod upisivanja otiska. Dok je uređaj u modu upisivanja na LCD-u u gornjem redu piše „UPISIVANJE #BrojUpisanihOtisaka“. Po pokušaju upisivanja otiska u donjem redu se ispisuje rezultat. Ukoliko je otisak upisan ispisuje se: „Upisan: #ID“, ukoliko nije prepoznat ispisuje se: „Nije uspjelo“. Ovi ispisi traju 5 sekundi nakon čega se ispis u donjem redu displeja briše. Oba događaja prate odgovarajućim zvučnim signalom.

Ukoliko se taster zadrži pritisnutim duže od 10 sekundi brišu se svi upisani otisci. Tokom trajanja pritisnutog tastera na LCD-u u gornjem redu ispisuje se: „TASTER“ a u donjem „PRITISNUT“. Po isteku 10 sekundi ispisuje se, u gornjem redu: „OTISCI“, u donjem redu „OBRISANI“, u trajanju 5 sekundi, ili dok se ne otpusti taster. Tokom držanja pritisnutog tastera isprekidano se zvučno oglašavati. Tokom brisanja otisaka i nakon toga, do otpuštanja tastera, oglašiti se kontinuiranim zvučnim signalom.

(6-4-3)