

Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Návrh

Odčítavanie hodnôt z meracích zariadení

Zimný semester 2018/2019

Boris Silný
František Tomana
Michal Zrubec
Tamás Kabai

Obsah

1. Úvod

- 1.1. Účel dokumentu
- 1.2. Zameranie a rozsah

2. Špecifikácia vonkajších interfejsov

3. Formáty súborov

- 3.1. Export odčítavaných údajov
- 3.2. Import aj export konfiguračného súboru

4. Používateľské rozhranie

5. Návrh implementácie

- 5.1. Prehľad používaných technológií
- 5.2. Diagramy
 - 5.2.1. Triedny diagram
 - 5.2.2. Komponentový diagram
 - 5.2.3. Stavový diagram

6. Technológie rozpoznávania hodnôt

- 6.1. Algoritmus rozpoznávania číslíc
- 6.2. Algoritmus rozpoznávania ručičiek

1. Úvod

1.1 Účel dokumentu

Tento dokument predstavuje podrobný popis návrhu systému odčítavanie hodnôt z meracích prístrojov. Pomocou diagramov a detailných popisov je tu vysvetlené, akým spôsobom bude systém vyvinutý a ako bude následne fungovať tak, aby splnil všetky požiadavky uvedené v katalógu požiadaviek.

1.2 Zameranie a rozsah

Predpokladáme, že čitateľ tohto dokumentu má dôkladne prečítaný katalóg požiadaviek a teda má ucelenú predstavu ako má softvér fungovať. Veľkú časť tohto dokumentu tvoria UML diagramy, v ktorých je dôkladne predstavené, na aké moduly a triedy bude systém rozdelený. V časti návrh implementácie sú predstavené všetky diagramy na základe, ktorých je dobre vysvetlený priebeh celého systému.

2. Špecifikácia vonkajších interfejsov

2.1 Kamera

Systém bude komunikovať a prijímať vstupné informácie z kamery, ktorá musí podporovať driver DirectShow. Bude to externá kamera pripojená k zariadeniu pomocou USB, ktorú si užívateľ bude môcť zvoliť v GUI. Komunikácia medzi kamerou a zariadením je zabezpečená pomocou systémového driveru, ktorý bude aplikácia ovládať cez knižnicu OpenCV. Základné nastavenia ako rozlíšenie, jas, kontrast, typ prahovania a prahovací level (pri ručnom prahovaní) sa načítajú z konfiguračného súboru, ktorý je spolu s výstupným súborom opísaný v kapitole 3. Užívateľ si tieto nastavenia bude môcť prispôbiť v GUI.

3. Formáty súborov

3.1 Export odčítavaných údajov

Formát súboru s výstupnými dátami:

* Dátum: 21-1-2019 *					
* Konfigurácia: *					
Interval merania: 2 s	Interval pre priemer a medián: 30 s				
time:	real_time:	typ_hodnoty:	nazov_oblasti:	jednotky:	hodnota:
0	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
0	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
2	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
2	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
4	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
4	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
6	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
6	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
8	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
8	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
10	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
10	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
12	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
12	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
14	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
14	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
16	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
16	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
18	21.1.2019	odčítaná	meno1	l	100
18	21.1.2019	odčítaná	meno2	V	100
30	21.1.2019	priemer	meno1	l	100
30	21.1.2019	priemer	meno2	V	100
30	21.1.2019	medián	meno1	l	100
30	21.1.2019	medián	meno2	V	100

Obrázok 3.1. Súbor vo formáte .csv. Riadky súboru sú priebežne generované a zapisované do súboru počas behu systému.

3.2 Import aj export konfiguračného súboru

Formát konfiguračného súboru:

Popis:

file_name je meno konfiguračného súboru, uloží sa pri spustení systému, aby sme si uchovali meno súboru, do ktorého sa uložia prípadne zmeny a zároveň aby sme vedeli, ktorý konfiguračný súbor otvárať defaultne po spustení.

```
file_name: 'config.txt'
interval: 2
avg_med_interval: 30
avg_or_med: both
cislice: dark
output_file: output.csv
```

[CAMERA]

```
id: X
default_res: INTxINT
jas: X
kontrast: X
prahovanie: auto/rucne
prahovacia_hodnota: X
```

[ROI]

```
roi_name: meno1
x: 100.0
y: 50.0
width: 25.0
height: 35.0
pocet_desatinnych_miest: 1
jednotky: 1
typ: digital
```

[ROI]

```
roi_name: meno2
x: 150.0
y: 200.0
width: 100.0
height: 50.0
pocet_desatinnych_miest: 3
jednotky: V
typ: analog
body: [x1,y1,x2,y2,x3,y3] - pole
3 bodov
```

interval – interval pre odčítavanie hodnôt v sekundách

avg_med_interval – interval pre počítanie priemeru a mediánu

avg_or_med – označuje, či sa počíta iba priemer, medián alebo oba

číslice – pre použitie rôzneho prahovania pre tmavé pozadie a svetlé číslice a naopak svetlé pozadie a tmavé číslice

output_file – textový súbor, do ktorého sa vypisujú dáta

Konfigurácia kamery:

id – id používanej kamery

Default_res – štandardné rozlíšenie

Ďalej sú tam hodnoty pre jas a kontrast, typ prahovania a **pri ručnom** prahovaní si pamätáme aj užívateľom nastavenú prahovaciu hodnotu

Konfigurácia oblasti záujmu:

Každá oblasť záujmu má svoje meno a pozíciu (x, y, width, height), zároveň aj počet desatinných miest a jednotky, v akých bude odčítaná hodnota.




Typ oblasti záujmu môže byť digital alebo analog.

Pri analogovom type používateľ vytvára tri body, pomocou ktorých algoritmus odčítava hodnoty. Tieto body **musí** používateľ nastaviť pri vytvorení oblasti záujmu pri analogovom meracom prístroji a teda sa takisto ukladajú do konfigurácie ako postupnosť bodov v hranatých zátvorkách.

4. Používateľské rozhranie

V tejto časti predstavujeme náčrt používateľského rozhrania, spoločne s popisom jednotlivých častí. Bližšie informácie k funkciám možno nájsť aj v katalógu požiadaviek, z ktorého návrh vychádza.

4.1 Prvá fáza konfigurácie

KONFIGURÁCIA				  
Nastavenia kamery				
Kamera:	<input type="text" value="---"/>		Rozlíšenie:	<input type="text" value="Vyberte rozlíšenie"/>
<hr/>				
* - povinné Ostatné nastavenia				
Ukladací súbor:	<input type="text" value="Subor..."/>	<input type="button" value="OPEN"/>	Operácie na počítanie: <input checked="" type="checkbox"/> Priemer <input checked="" type="checkbox"/> Medián	
Konfiguračný súbor:	<input type="text" value="Subor..."/>	<input type="button" value="OPEN"/>		
*Časový interval odčítavania:	<input type="text" value="Čas v sekundách"/>	Časový interval počítania:	<input type="text" value="Čas v sekundách"/>	
<hr/>				
<input type="button" value="Ulož konfiguráciu"/>				

Obr. 1: náčrt prvej fázy konfigurácie

Predstavuje základné nastavenia pre kameru, kde si bude môcť používateľ nastaviť optimálne hodnoty ako jas a kontrast, ďalej si môže vybrať z príslušných kamier alebo systém sám vyberie jednu z množiny kamier. Ďalej si bude môcť používateľ vybrať jedno z možných dostupných rozlíšení. Ďalšia sekcia obsahuje ostatné nastavenia, kde pred spustením treba zvoliť súbor do ktorého sa budú hodnoty ukladať a v akom časovom intervale podľa špecifikácie z katalógu požiadaviek (bod 3.1.7). Podľa potreby treba zaškrtnúť tlačidlá priemer a medián. Po kliknutí na tlačidlo uloženia sa všetky nastavenia zaznamenajú v príslušnom konfiguračnom súbore.

4.2 Nastavenie a výber ROI

GUI - Konfigurácia

DC POWER SUPPLY 0-30V/5A PSM305E

02.3V

0.01A

CV CC

POWER ON OFF

VOLTAGE COARSE FINE

CURRENT COARSE FINE

Pridaj oblasť

Vymaž oblasť

* - povinné

ROI:

*Názov oblasti: Elektrický prúd

*Jednotka: A

*Počet desatinných miest: 2

*Typ zariadenia: ☒ Digitálny ☐ Analógový

Ulož oblasť

Vymaž ROI

Jas: 0 Kontrast: 0

MIN: Prahovanie: MAX:

R: 0 0

G: 0 0

B: 0 0

Vypnúť aplikáciu

Konfigurácia kamery

Ulož_Konfig

ŠTART

Obr.2.1: Náčrt druhej fázy konfigurácie pri digitálnych zariadeniach

GUI - Konfigurácia

Pridaj oblasť

Vymaž oblasť

* - povinné

ROI:

*Názov oblasti

Elektrický prúd

*Jednotka:

A

*Počet desatinných miest:

2

*Typ zariadenia:

☐ Digitálny ☒ Analógový

*MIN x,y:

0

 *MAX x,y:

2

*Najmenšia hodnota:

0

*Najväčšia hodnota:

2

*Lubovoľný x,y:

1,6

Ulož oblasť

Vymaž ROI

Jas: 0

Kontrast: 0

MIN: 0

Prahovanie: 0

MAX: 0

R: 0

G: 0

B: 0

Vypnúť aplikáciu

Konfigurácia kamery

Ulož_Konfig

ŠTART

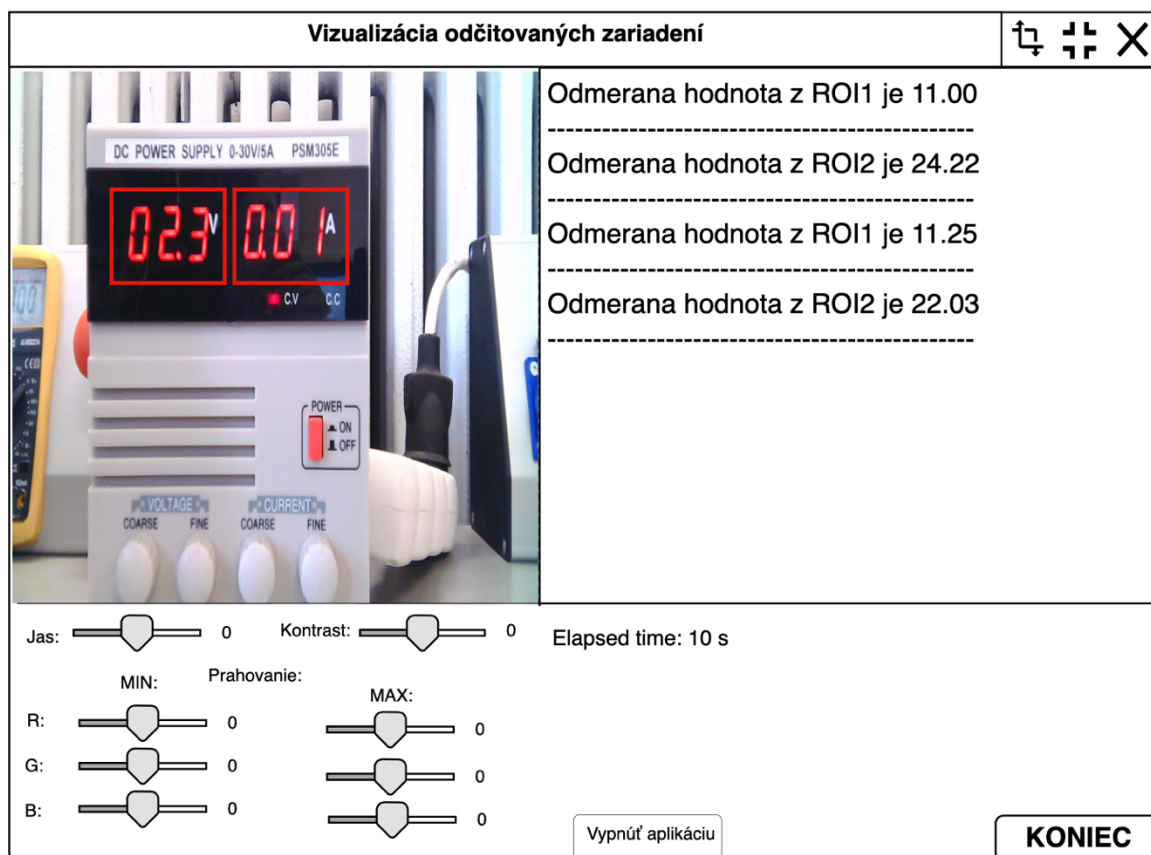
Obr.2.2: Náčrt druhej fázy konfigurácie pri analógových zariadeniach

Po uložení prvej fázy konfigurácie sa nám zobrazí rozhranie druhej fázy v novom okne alebo sa nám zobrazí v rovnakom systémovom okne. Tu bude potrebné vyznačiť oblasti záujmu (ROI), z ktorých budú odčítované hodnoty v režime behu.

Každú oblasť záujmu je potrebné vytvoriť podľa špecifikácie z katalógu požiadaviek (bod 3.1.1). Po uložení sa nám oblasť uloží do konfiguračného súboru, ktorý sme si nastavili v prvej fáze konfigurácie. Vľavo dole môžeme vidieť súradnice ľavého horného (x1,y1) a pravého dolného (x2, y2) okraju oblasti. Kliknutím na tlačidlo odstráň môže používateľ túto oblasť odstrániť. Nové oblasti sa dajú vytvoriť kliknutím a ťahaním myši. Pri analógových typoch zariadení bude naviac tlačidlo na nahratie troch obrázkov s ručičkami, ktoré sú v rôznych polohách, aby správne fungoval algoritmus rozpoznávania ručičiek (bod 6.2) v návrhu.

Ak používateľ všetko správne nastavil a vytvoril si oblasti záujmu môže konfiguráciu uložiť pomocou tlačidla. Ak používateľ už má vytvorenú konfiguráciu, tak môže pomocou tlačidla načítať nastavenú konfiguráciu.

4.3 Režim behu



Obr.3: Náčrt režimu behu

Po prechode do režimu behu hlavná časť rozhrania obsahuje živý náhľad z kamery, kde sú farebne vyznačené oblasti záujmu. Na pravej časti rozhrania prebieha proces odčítavania, pri ktorom sú hodnoty zaznamenávané v riadkovej forme, obsahujúci názov oblasti záujmu a odmeranú hodnotu.

Tlačidlo koniec slúži na vypnutie režimu behu a zastavenie procesu odčítavania hodnôt a tlačidlo späť slúži na návrat do druhej fázy konfigurácie.

5. Návrh implementácie

5.1 Prehľad použitých technológií

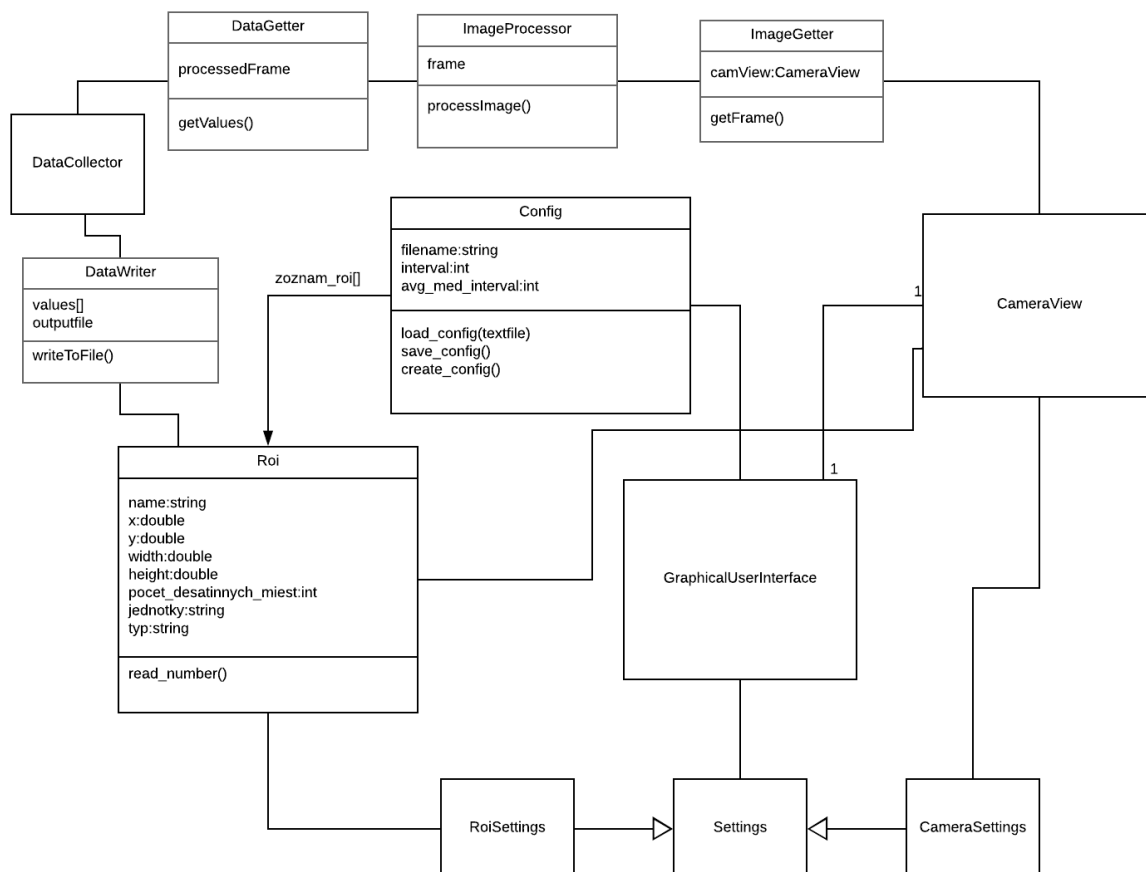
V tejto časti sú rozpísané použité technológie z knižnice OpenCV a ich stručný popis:

- Rozpoznávanie číslíc:
 - `cv2.threshold()` – transformuje obrázok na čiernobiely (pozadie bude čierne a ostatné veci budú biele)
 - `cv2.getStructuringElement()/cv2.morphologyEx()` – morfologické operácie, ktorými vieme odhodiť, čo nepotrebujeme (okrem číslíc všetko)
 - `cv2.findContours()` – nájde všetky kontúry, na ktorých prejdeme a vieme uložiť kontúry číslíc do jedného poľa
 - `cv2.countNonZero()` – počíta pixely, ak je pomer nenulových pixelov k celkovej ploche segmentu väčší ako 50%, potom môžeme predpokladať, že segment je „zapnutý“
- Rozpoznávanie ručičiek:
 - `cv2.HoughCircles()` – ak na obrázku existuje stred ručičky, zistíme ho
 - `cv2.HoughLinesP()` – zistí všetky línie: ručička bude najdlhšia, ostatné budú hodnoty
- Pri obidvoch používané:
 - `cv2.imread()` – načíta obrázok
 - `cv2.imshow()` – zobrazí nejaký obrázok (napr.: keď chceme niečo skontrolovať)
 - `cv2.waitKey()` – zobrazuje obrázok za zadané milisekundy, ak pridáme 0 ako parameter, tak zobrazuje obrázok až do akéhokoľvek stlačenia

5.2 Diagramy

5.2.1 Triedny diagram

V tejto časti popisujeme triedny diagram. Ten vychádza z komponentného diagramu, pričom niektoré komponenty sa skladajú z viacerých tried.



Obrázok 5.2.1 predstavuje triedny diagram

Popis tried:

Základnou triedou bude v našom prípade trieda `GraphicalUserInterface`. Podtriedy `RoiSettings` a `CameraSettings` triedy `Settings` zabezpečia nastavenie systému podľa potrieb užívateľa.

Trieda `ROI` v sebe uchováva údaje o jednej oblasti záujmu, ktorú vytvorí užívateľ alebo sa načíta z existujúceho konfiguračného súboru.

Trieda `Config` zaobstaráva nastavenie systému po spustení (načítanie nastavení, vytvorenie roi z vstupného súboru, ktoré si uchová v zozname roi).

Trieda CameraView zaobstará zobrazovanie záznamu z webkamery. S touto S touto triedou následne pracuje trieda ImageGetter, ktorá získava zo záznamu z webkamery jednotlivé obrázky. Tie následne spracuje trieda ImageProcessor.

Trieda DataGetter získa zo spracovaného obrázka hodnoty z oblastí záujmu a pošle ich triede DataCollector, ktorá uchováva získané dáta pre potreby počítania priemeru a mediánu. Následne sa dáta posúvajú triede DataWriter, ktorá má na starosti zapisovanie do výstupného súboru.

5.2.2 Komponentový diagram

Systém sme rozdelili na štyri časti, v ktorom každá časť obsahuje ešte ďalšie, menšie komponenty.

5.2.2.1 GUI

- Prvý modul je GUI, ktorý v našom systéme má menšie komponenty, ktoré sú rozdelené na fázy konfigurácie a vizualizáciu odčítavania. V prvej fáze sa nám zobrazí okno „Konfigurácia“, kde sa pomocou dostupných tlačidiel bude dať nastaviť konfigurácia. Pre každý modul sú priradené tlačidlá na nastavenie modulu. V druhej fáze sa nám zobrazí záber z kamery, v ktorom si vieme za pomoci myši vybrať oblasť záujmu. Na spodnej lište sa nachádzajú súradnice vyznačenej oblasti a tlačidlo na odstránenie oblastí. Vizualizácia odčítavaných zariadení bude obsahovať farebne vyznačené oblasti záujmu v reálnom čase záberu kamery a na pravej strane zobrazovať informácie o zaznamenaní údajov.

Modul obsahuje:

- GUI editor nastavenia kamery
- GUI nastavenie oblastí záujmu
- Vizualizácia odčítavaných zariadení

5.2.2.2 Konfigurácia

- V tomto module sa budú nastavovať všetky dostupné nastavenia pre kameru, ktoré slúžia na nastavení systému a vizualizáciu snímania. Táto časť pozostáva z viacerých fáz. V prvej fáze si používateľ bude môcť nastaviť kameru (rozlíšenie), nastaviť frekvenciu odčítavania hodnôt, ale aj frekvenciu pre ktorú bude systém vypočítavať priemer a medián. Druhá fáza obsahuje nastavenie oblastí záujmu, kde si používateľ pre každú oblasť záujmu zvolí vhodné pomenovanie a určí jednotku odčítavaných hodnôt. Po vytvorení oblasti si musí nastaviť, či sa bude zaobchádzať s analógovým alebo digitálnym meracím prístrojom. V ďalšej fáze používateľ má možnosť si zvoliť pre každú

oblasť automatické prahovanie alebo ručné prahovanie pri ktorom si môže nastaviť optimálne prahové hodnoty.

Modul obsahuje:

- Nastavenie kamery
- Nastavenie oblastí záujmu

5.2.2.3 Modul na získavanie a predspracovanie obrazu

- Slúži nám na predspracovanie obrazu, kde na základe nastavení oblastí záujmu vyberie údaje, či sa jedná o digitálne alebo analógové zariadenie a následne nato aplikuje vhodný algoritmus. Po spracovaní obrazu bude na základe zvoleného časového intervalu ukladať odčítované hodnoty v predpísanom formáte do úložiska.

Modul obsahuje:

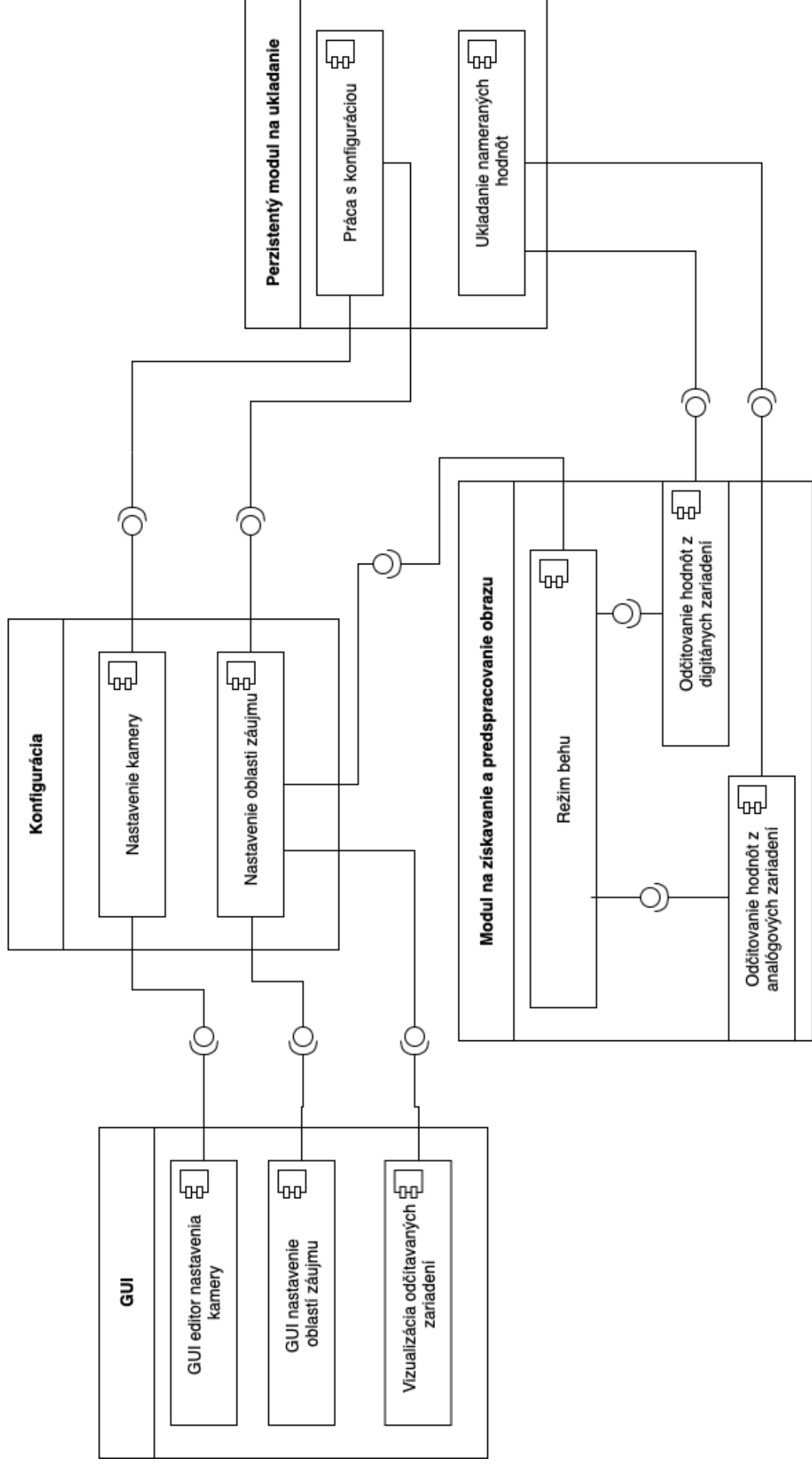
- Režim behu
- Odčítovanie hodnôt z digitálnych zariadení
- Odčítovanie hodnôt z analógových zariadení

5.2.2.4 Perzistentný modul na ukladanie

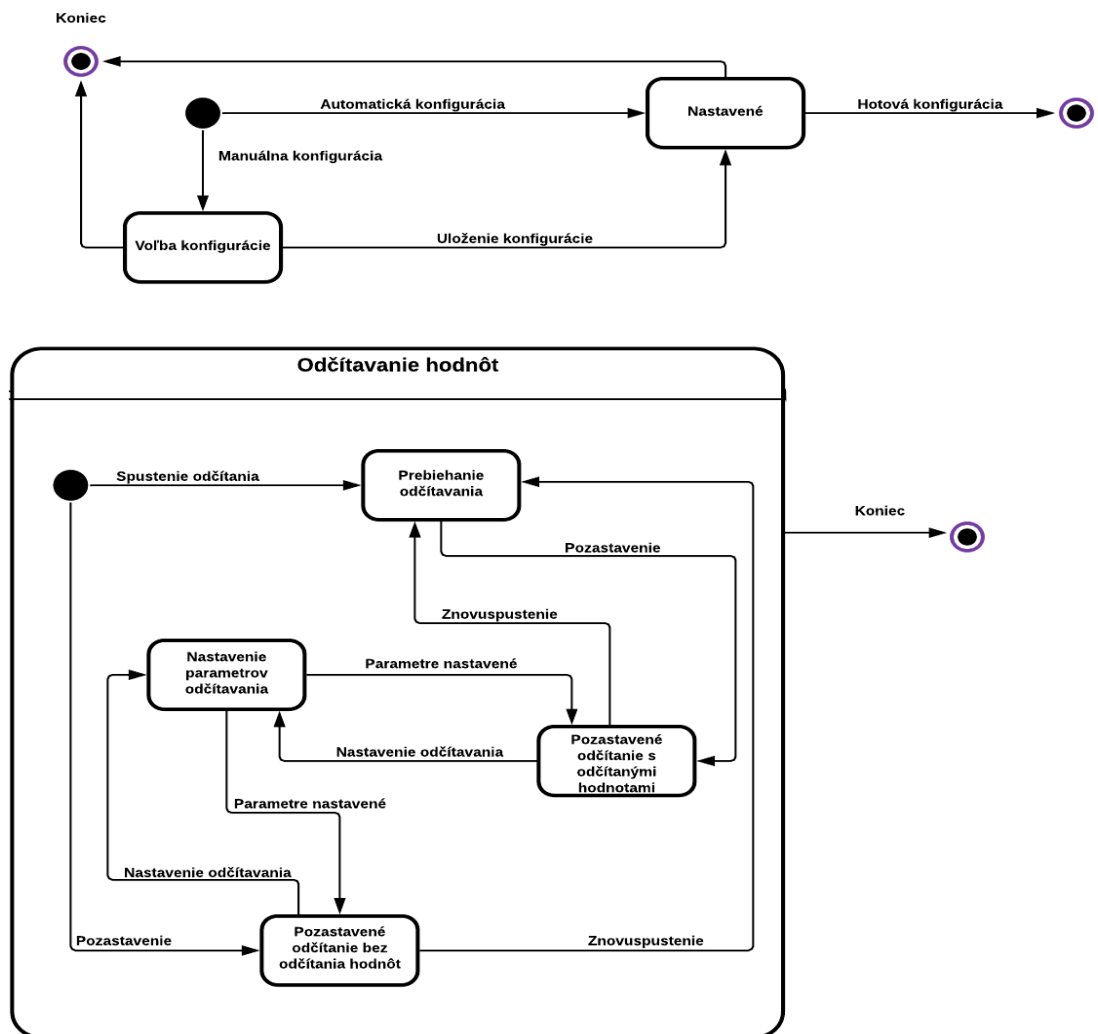
- Tento modul a jeho komponenty sa budú starať o uchovávanie dát s ktorými sme pracovali a vďaka tomuto modulu budeme vedieť k nim pristupovať. Uchováva v sebe nastavenie konfigurácií, ku ktorým môže používateľ pristupovať a popri prípade ich nakonfigurovať dodatočne. Taktiež môže pristupovať k súboru s výslednými hodnotami.

Model obsahuje:

- Práca s konfiguráciou
- Ukladanie nameraných hodnôt



5.2.3 Stavový diagram



Obrázok č.* predstavuje dva rôzne stavové diagramy, ktoré popisujú stavy, v ktorých sa môže aplikácia nachádzať.

Prvý diagram opisuje začiatkový stav po spustení systému. Užívateľ si môže vybrať medzi manuálnou alebo automatickou konfiguráciou. Pri automatickej konfigurácii sa načítajú všetky údaje konfigurácie, ktorá bola použitá naposledy. Pri manuálnej konfigurácii si užívateľ sám vyberie vlastné parametre a následne ju uloží do súboru. Užívateľ sa môže hocikedy rozhodnúť program ukončiť.

Druhý diagram už opisuje proces odčítavania hodnôt. Užívateľ sa dostane do tohto procesu po úspešnom nastavení konfigurácie. Teraz má užívateľ na výber dve možnosti. Prvá možnosť je začať odčítavanie a druhá možnosť je zmeniť parametre odčítavania ako napríklad interval odčítania hodnôt, interval výpisu priemeru a mediánu alebo nastavenia samotných ROI. Po spustení odčítavania môže užívateľ kedykoľvek odčítavanie pozastaviť a znovu upraviť parametre odčítavania. Užívateľ sa môže hocikedy rozhodnúť a ukončiť odčítavanie. Samotné výsledky odčítania si môže pozrieť v tabuľke v GUI alebo vo výstupnom súbore, ktorý si zvolil pri konfigurácii.

6. Technológie rozpoznávania hodnôt

6.1 Algoritmus rozpoznávania číslíc

Algoritmus sme rozdelili na dve hlavné časti:

- **Vytiahnúť oblasti číslíc** - Keď už máme samotný LCD displej (vyberieme na začiatku, kde sú aj nastavenie), môžeme sa zamerať na extrakciu číslíc. Keďže sa zdá, že existuje kontrast medzi číslícovými oblasťami a pozadím LCD, sme presvedčený, že prahové hodnoty a morfológické operácie to dokážu. Použitým morfológickým operáciou vyčistíme obrazovku LCD (to čo nepotrebujeme odhodíme) a umožní nám rozdeliť každú číslicu.
- **Identifikovanie číslíc** - Rozpoznanie aktuálnych číslíc s OpenCV bude zahŕňať rozdelenie číselnej ROI na sedem segmentov.

Segmenty môžeme predstaviť takto:

```
1111
2   3
2   3
2   3
4444
5   6
5   6
5   6
7777
```

Čísla definujeme takto:

```
(1, 1, 1, 0, 1, 1, 1) : 0
(0, 0, 1, 0, 0, 1, 0) : 1
(1, 0, 1, 1, 1, 1, 0) : 2
(0, 1, 1, 1, 0, 1, 0) : 3
(0, 1, 1, 1, 0, 1, 0) : 4
(1, 1, 0, 1, 0, 1, 1) : 5
(1, 1, 0, 1, 1, 1, 1) : 6
(1, 0, 1, 0, 0, 1, 0) : 7
(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) : 8
(1, 1, 1, 1, 0, 1, 1) : 9
```

To znamená, ak daný segment je "zapnutý", tak dostá hodnotu 1, ak je "vypnutý" dostá hodnotu 0.

Odtiaľ môžeme použiť pixelové počítanie na prahový obrázok a určiť, či daný segment je "zapnutý" alebo "vypnutý".

6.2 Algoritmus rozpoznávania ručičiek

Na používanie nášho algoritmu bude na začiatku potrebné si z viacerých vytvorených obrázkov meracieho zariadenia vytvoriť jeden, na ktorom bude iba pozadie (teda budík) bez ručičky. Tento obrázok by mal vzniknúť kombináciou troch obrázkov, na ktorých sa bude ručička nachádzať na inom mieste.

Postupne sa porovnajú všetky obrázky, z ktorých vznikne jeden obrázok iba s pozadím a ručička sa odstráni pri porovnaní pixelov. Odfotenie týchto obrázkov bude umožňovať tlačidlo v používateľskom rozhraní.

Následný algoritmus je rozdelený na viacero častí:

- **Vypočítanie stredu otáčania ručičky a celkového uhlu**

Užívateľ bude musieť pri analógových meracích zariadeniach označiť tri body, za pomoci ktorých sa vypočíta stred otáčania ručičky v analogovom meracom prístroji.

Stred je priesečníkom dvoch priamok, p_1 a p_2 , ktoré sú osou tetív týchto bodov.

- **Vystrihnutie oblasti záujmu z obrázka**

Z obrázku za pomoci funkcií knižnice OpenCV vystrihneme požadovanú oblasť záujmu, ktorú budeme spracovávať.

- **Porovnanie vystrihnutej oblasti záujmu s obrázkom pozadia**

Odfotením obrázka s pozadím od obrázka s oblasťou záujmu získame ručičku. Zo všetkých bodov ručičky nájdeme tie, ktoré sú najďalej od vypočítaného stredu otáčania ručičky a považujeme ich za hrot ručičky.

Následne vypočítame uhol, v ktorom sa ručička nachádza medzi minimálnou hodnotou a maximálnou hodnotou a pomocou vzorca:

$\text{minval} + (\text{maxval} - \text{minval}) / \text{alfamax} * \text{alfa}$, kde

- minval je najmenšia hodnota na meracom prístroji
- maxval je najväčšia hodnota na meracom prístroji
- alfa_{max} je celkový uhol otáčania ručičky
- alfa je vypočítaný uhol v ktorom sa ručička nachádza

získame hodnotu z meracieho zariadenia.