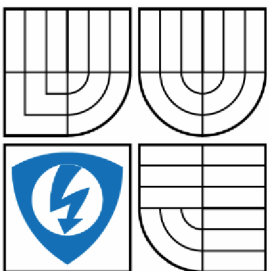


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## QR A ČÁROVÉ KÓDY

QR AND BARCODES

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

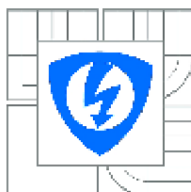
VIKTOR WALTER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. LEŠEK FRANEK

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

## Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Automatizační a měřicí technika

**Student:** Viktor Walter

**ID:** 146999

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2013/2014

**NÁZEV TÉMATU:**

**QR a čárové kódy**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Cílem práce je navrhnout způsob označování zařízení pro inteligentní síť. Zadání lze shrnout do následujících bodů:

1. Porovnat způsoby značení výrobků z důrazem na inteligentní síť
2. Návrh aplikace pro snímání a generování zvolených kódů
3. Na základě měření určit reálné schopnosti aplikace
4. Stanovit doporučení pro velikost jednotlivých kódů na zařízeních
5. Vytvořit aplikaci pro evidenci zařízení inteligentních sítí během jejich instalace

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

THOMAS, R.H. What Are Those Funny Little Square Things I Now See Everywhere?: Smartphone Barcoding Technology. Xlibris Corporation, 2012. ISBN 9781477148631. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=VcBrASj4BvUC>

WINTER, M. Scan Me - Everybody's Guide to the Magical World of Qr Codes. Westsong Publishing, 2011. ISBN 9780965900034. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=s5ZxqwwYKk8C>

KATO, H., D. CHAI a K.T. TAN. Barcodes for Mobile Devices. Cambridge University Press, 2010. ISBN 9780521888394. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=gHhPiMwiUX8C>

**Termín zadání:** 10.2.2014

**Termín odevzdání:** 26.5.2014

**Vedoucí práce:** Ing. Lešek Franek

**Konzultanti bakalářské práce:**

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

*Předseda oborové rady*

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá identifikací zařízení v inteligentních sítích pomocí čárových kódů a QR kódů. Popisuje symboliky těchto grafických kódů a ověřuje jejich vlastnosti při čtení za pomoci navrhované aplikace, která je součástí této práce. Na základě teoretických poznatků a charakteristik zjištěných při testování jsou v práci obsaženy návrhy a doporučení pro fyzickou identifikaci zařízení. Obsažená aplikace také umožňuje evidenci těchto zařízení při jejich instalaci.

## **Klíčové slová**

QR kódy, Čárové kódy, Interleaved 2of5, Code 128, ZXing, Zint, Symboliky, Qt, Inteligentní síť Smart Grid.

## **Abstract**

The focus of this bachelor thesis is identification of devices in smart grids by barcodes and QR codes. It contains description of symbologies of these graphic codes and tests their characteristics in reading, with an application, developed as a part of this thesis. Thesis contains recommendations and suggestions for physical identification of devices, based on theoretical knowledge and observations made by testing. Included application is also capable of registering devices on their installation.

## **Keywords**

QR codes, Barcodes, Interleaved 2of5, Code 128, ZXing, Zint, Symbologies, Qt, Smart Grid.

### **Bibliografická citácia:**

WALTER, V. *QR a čárové kódy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 38s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Lešek Franek



## **Prehlásenie**

„Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému QR a čiarové kódy som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce. Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, zvlášť som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.

V Brne dne: **22. května 2014**

.....  
podpis autora

## **Pod'akovanie**

Ďakujem vedúcemu práce Ing. Lešekovi Franekovi za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovávaní mojej bakalárskej práce a taktiež za poskytnutie technického vybavenia potrebného pre praktickú časť práce.

V Brne dne: **22. května 2014**

.....  
podpis autora

# Obsah

1	Úvod.....	8
2	Možnosti identifikácie.....	8
2.1	Čiarové kódy.....	8
2.1.1	Symbolika.....	9
2.1.2	Interleaved 2 of 5.....	10
2.1.3	Code 128.....	11
2.2	QR kódy.....	13
2.2.1	Čítanie.....	14
2.2.2	Varianty.....	14
2.3	Infračervená komunikácia.....	16
3	Smart grid.....	17
3.1	Definícia.....	17
3.2	Použitie čiarových a QR kódov.....	17
4	Aplikácia pre testovanie.....	18
4.1	Návrh aplikácie.....	18
4.1.1	Výber knižnice.....	18
4.2	Užívateľské prostredie.....	19
5	Testovanie.....	20
6	Aplikácia pre evidenciu.....	23
6.1	Návrh aplikácie.....	23
6.1.1	Výber knižnic.....	23
6.2	Užívateľské prostredie.....	24
6.3	Dodatočné testy.....	27
7	Zhrnutie.....	29
7.1	Čiarové kódy.....	29
7.2	QR kódy.....	29
7.3	Zhodnotenie a návrhy.....	29
8	Záver.....	32

# 1 ÚVOD

Zadanie pre túto prácu bolo:

- Porovnať spôsoby značenia výrobkov z dôrazom na inteligentné siete
- Návrh aplikácie pre snímanie a generovanie zvolených kódov
- Na základe meraní určiť reálne schopnosti aplikácie
- Stanoviť odporúčania pre veľkosť jednotlivých kódov na zariadeniach
- Vytvoriť aplikáciu pre evidenciu zariadení inteligentných sietí počas ich inštalácie

Inteligentné siete, alebo Smart grid je typ rozvodnej siete, vyznačujúci sa zvýšeným využívaním moderných výpočtových a komunikačných technológií na kontrolu a správu s cieľom zvýšenia spoľahlivosti a efektivity dodávok.

Táto práca sa zaoberá fyzickou identifikáciou pomocou QR a čiarových kódov na zariadeniach, ako aj identifikáciou pomocou infračervenej komunikácie. V prípade grafických identifikácií budú porovnávané rýchlosti a iné parametre pri čítaní kódov. Cieľom je analýza výhod a nevýhod jednotlivých metód a použiteľných technológií a výber najvhodnejšieho riešenia na účely identifikácie zariadení v sieti.

Fyzickou identifikáciou zariadení v sieti sa myslí identifikácia, ktorá vyžaduje fyzický prístup k zariadeniu. Takouto identifikáciou nie je elektronická identifikácia kde sú údaje v elektronickej pamäti do ktorej pristupujeme na diaľku. Takáto identifikácia nie je použiteľná pri poškodení dátovej siete.

Súčasťou analýzy je tvorba aplikácie na ktorej budú porovnávané vlastnosti snímania pomocou univerzálnych mobilných zariadení so špecializovaným softvérom voči zariadeniam vytvoreným špeciálne pre tento účel.

Funkcie vyvinuté pre túto aplikáciu sú následne zahrnuté do aplikácie ktorá umožňuje evidenciu zariadení v sieti a ktorá je súčasťou tejto práce.

## 2 MOŽNOSTI IDENTIFIKÁCIE

### 2.1 Čiarové kódy

Čiarové kódy sú metóda grafického záznamu informácie určenej na strojové čítanie, ktorá ale umožňuje len jednorozmerný záznam dát. Má mnoho štandardov, napríklad

Interleaved 2 of 5, ktoré sa líšia symbolikou, hustotou dát, schopnosťou korekcie poškodenia a podobne. Zväčša sú čítané laserovými čiarovými skenermi, ale niektoré aplikácie umožňujú aj ich interpretáciu cez kameru.

Možno sa s nimi stretnúť denne a majú široké využitie v mnohých odvetviach. Sú často aplikované vo výrobnom priemysle, v predaji, v transporte tovaru alebo osôb, skladovaní a podobne a sú v týchto odvetviach dlho zaužívaným štandardom. Preto už existuje pre tento spôsob identifikácie dobrá podpora a dostupnosť prostriedkov na ich používanie. Ich výhodou je taktiež napríklad hardwarová nenáročnosť pri generovaní a čítaní.

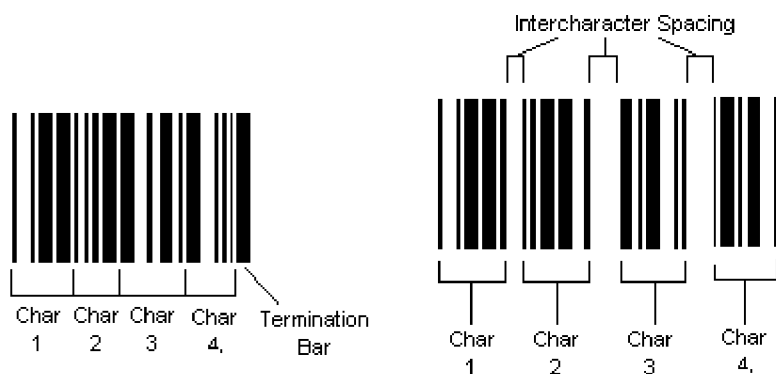
### 2.1.1 Symbolika

Symbolika čiarového kódu je spôsob prevodu medzi obsahom správy a reprezentáciou v kóde.

Delíme ich na:

- Diskrétna a spojitá

V spojitých symbolikách jeden znak končí medzerou a nasledujúci začína čiarou, a naopak. Pri diskretných všetky znaky začínajú aj končia čiarou a medzery medzi znakmi sa ignorujú, pokiaľ nie sú dostatočne dlhé na to, aby sa dali považovať za koniec správy.



Obrázok 1: Spojitá a diskretná symbolika [1]

- Dvojširokové (two-width) a Viacširokové (many-width)

V dvojširokových symbolikách existujú čiary a medzery úzke a široké, pričom na šírke širokých nezáleží, pokiaľ podliehajú požiadavkám štandardu – napríklad trojnásobok šírky úzkych. Viacširokové majú viac ako dve rozlišované šírky čiar a medzier, pričom bývajú násobkami šírky najužších. Tieto násobky nazývame modulmi a bývajú zväčša v hodnotách 1, 2, 3 a 4.



Obrázok 2: Dvojširokový a viacširokový kód [2]

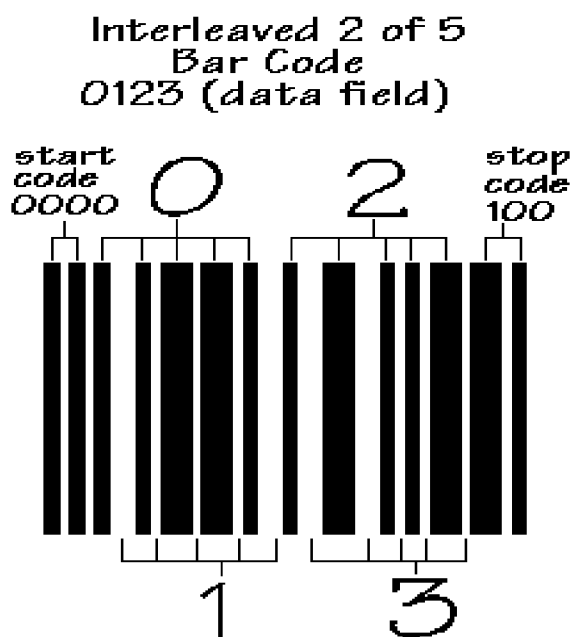
Niektoré symboliky používajú prekladanie, teda zápis kde z dvojíc znakov je prvý zaznamenaný v čiarach a druhý v medzerách medzi čiarami prvého, ako je to napríklad v prípade štandardu „Interleaved 2 of 5“.

Stohované (stacked) symboliky opakujú lineárne symboliky vertikálne. [3]

### 2.1.2 Interleaved 2 of 5

Tento symbolika umožňuje zapisovať číselné správy s pomerne vysokou hustotou, vďaka prekladaniu. Dvojice za sebou idúcich znakov – číslic sú prekladané. To znamená, že v skupine piatich čiar a piatich medzier je prvý znak z dvojice zakódovaný v čiarach a druhý v medzerách medzi nimi. V prípade že je počet znakov nepárny, zvyčajne sa na koniec pridáva nula. Jednotlivé znaky, zapisované dvojširokovo v čiarach alebo medzerách, sú kódované tak, aby z piatich čiar, prípadne medzier, ktoré tvoria jeden znak, boli práve dve široké. Tento štandard taktiež umožňuje podľa potreby pridať kontrolný súčet v podobe poslednej číslice. Kód začína sekvenciou dvoch úzkych čiar, prelínaných dvoma úzkymi medzerami, a ukončený širokou a úzkou čiarou, oddelenými úzkou medzerou.

[4]



Obrázok 3: Popis interpretácie symboliky Interleaved 1 of 5 [5]

Túto symboliku využíva na elektromeroch napríklad skupina ČEZ.

[6]

Podľa štandardu ITF-14 by Interleaved 2 of 5 mal spĺňať aj ďalšie podmienky, ako napríklad ohraničujúce čiary (Bearer bars), ktoré zamedzia nepravnej interpretácii pri skenovaní šikmo, keď lúč opustí plochu kódu cez jeho vrchnú alebo spodnú stranu. Tieto čiary musia byť obopínať kód, vrátane jeho „tichých zón“ pred začiatkom a po jeho konci a mať konštantnú šírku 4.8 mm, alebo môžu byť len na vrchu a spodnej strane kódu, s šírkou minimálne dvojnásobku úzkej čiary kódu. Výška čiar by nemala byť menej ako 13mm, pre použitie v automatizovaných procesoch minimálne 32mm. Pomer širokých a úzkych čiar by mal byť 2.5:1, ale je povolený rozsah od 2.25:1 po 3:1. Šírka úzkej čiary by mala byť 1.02mm, ale mimo automatizovaných procesov sa povoľuje pri čítaní 25% zväčšenie. Najmenšia povolená šírka je teda 0.25 mm.

[7]

Pre porovnanie dosiahnuteľnej hustoty informácie použijem správu zloženú z 10 číslic. Pre takýto obsah v kóde Interleaved 2of5 podľa ITF-14 čítanom ručne bude najvyššia povolená hustota informácie:

*počet číslic*

*plocha*

$$= \frac{\text{počet číslic}}{(\text{výška čiar} + \text{hraničné čiary}) * (\text{start a stop znaky} + \text{šírka znaku} * \text{počet číslic})}$$
$$= \frac{10}{(13 + 4 * 0.25) * (0.25 * 8.25 + 10 * 0.25 * 7.5)} = 0.0343 \text{ číslice} / \text{mm}^2$$

Táto hodnota rastie s počtom znakov len veľmi pomaly k maximálnej hodnote 0.0381.

V symbolikách ktoré umožňujú použitie alfanumerických a iných znakov budem obdobný výpočet robiť pre varianty používajúce číslice. Výsledky porovnania budú teda relevantné pre tieto.

### 2.1.3 Code 128

Táto symbolika je tiež používaná spoločnosťou ČEZ.

Vyznačuje sa využívaním štyroch rôznych širokých čiar a medzier – 1, 2, 3 a 4-násobok najužšej čiary alebo medzery. Jednotlivé znaky sú zapísané v čiarach a medzerách tak, aby celková šírka bola jedenásť násobok najmenšej jednotky a aby sa každý znak skladal z troch čiar a troch medzier medzi nimi a začínal sa čiarou. Súčet širokých čiar v jednom znaku musí byť párny násobok najužšej čiary. Pred znakom pre ukončenie býva v kóde ešte znak pre kontrolný súčet.

Symbolika má tri varianty – 128-A, 128-B a 128-C. Každý využíva 106 z možných 107 kombinácií čiar a medzier na tvorbu znaku. Znak 107 je nevyužitý, pretože pri obojsmernom čítaní by sa dal zameniť so znakom pre koniec. Varianty sa líšia

reprezentáciou dát. Variant A používa znaky 00 až 95 z ASCII tabuľky. Vo variante B sa používajú ASCII znaky 32 až 127. Variant C kóduje do jednotlivých znakov všetky kombinácie dvoch číslic (00 - 99). Všetky tri tiež používajú funkčné znaky, znaky pre začiatok, koniec a každý má znaky pre zmenu variantu vo vnútri kódu.

Na začiatku a na konci kódu musia byť tiché zóny, široké desaťnásobok najužšej čiary a nie užšie ako 6,4mm.

[8]



Obrázok 4: Ilustrácia interpretácie kódu Code 128 [9]

Hustota informácie pre kód s 10 znakmi vo variante 128C, vhodnom pre číslice, za predpokladu že jedna najužšia čiara má šírku 0.25 mm a výška bude 13mm, bude:

$$\begin{aligned} \frac{\text{počet číslic}}{\text{plocha}} &= \\ &= \frac{\text{počet číslic}}{\text{výška čiar} * (\text{tiché zóny} + \text{šírka znaku} * (\text{počet znakov}/2 + \text{znaky start, top a check}))} \\ &= \frac{10}{13 * (6.4 * 2 + 0.25 * 11 * (5 + 3))} = 0.0221 \text{ číslice/mm}^2 \end{aligned}$$

Táto hodnota rastie s počtom k maximálnej hodnote 0.03 znakov na mm<sup>2</sup>.

Táto hodnota neplatí pre použitie variantov 128A a 128B, kde bude približne polovičná, 0.0158 znakov na milimeter štvorcový, pretože variant 128C umožňuje dosiahnutie takmer dvojnásobnej hustoty vďaka priradeniu významu dvojíc číslic jednotlivým znakom.

Verzia	Dosiahnuteľná hustota (čísllice/mm <sup>2</sup> )	Mínimálna veľkosť (mm <sup>2</sup> )
Interleaved 2of5	0.0343	291.375
Code 128	0.0221	631.15

Tabuľka 1.: Hustoty dát a minimálne veľkosti čiarových kódov.

Uvedená tabuľka dokazuje, že z týchto hľadísk je výhodnejšie používať symboliku Interleaved 2of5. Ten však umožňuje iba zápis číselných hodnôt a pre použitie napríklad alfanumerických znakov je použiteľný Code 128.



## 2.2 QR kódy

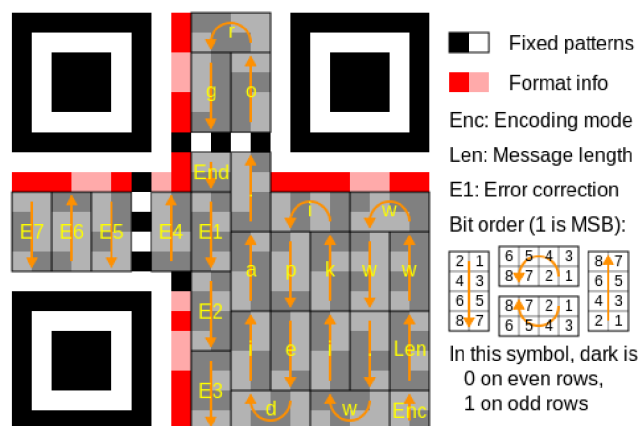
QR kód je dvojrozmerný kód v podobe binárnej matice vyvinutý pre automobilový priemysel v Japonsku spoločnosťou Denso. [10]

Je možné ich čítať pomocou špecializovaných zariadení, ale aj cez software v inteligentných telefónoch a tabletoch, s využitím kamery. V porovnaní s čiarovými kódmi umožňuje ukladať väčšie množstvo informácií na jednotku plochy.

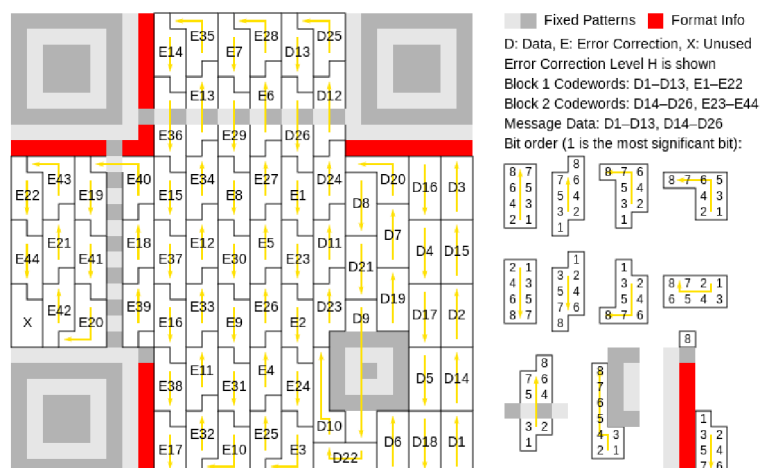
Existujú vo viacerých variantoch, lišiacich sa rozlíšením a teda kapacitou. Taktiež je možné dopĺňať stratené dáta, a to v závislosti od nastavenej úrovne ochrany. Umožňujú zápis numerickej, alfanumerickej, binárnej alebo bitovej informácie, ako aj správ v Japonských znakov kanji a kana. [11]

Možno sa s nimi stretnúť v reklame, kde predstavujú praktický a rýchly spôsob podávania informácií o produktoch či službách napríklad z letákov alebo reklamných tabúľ.

Taktiež sú využívané podobne ako jednorozmerné čiarové kódy vo výrobe, značení produktov, v kontrole cestovných dokladov a podobne. Aplikácie na ich čítanie umožňujú okamžité vykonanie akcii ako otvorenie webovej stránky obsiahnutej v kóde, zaslanie mailu na udanú adresu alebo spustenie telefónického hovoru na zadané číslo. [12]



Obrázok 5: Ilustrácia interpretácie kódu QR, verzie 1 [13]



Obrázok 6: Ilustrácia interpretácie kódu QR, verzie 3 [14]

## 2.2.1 Čítanie

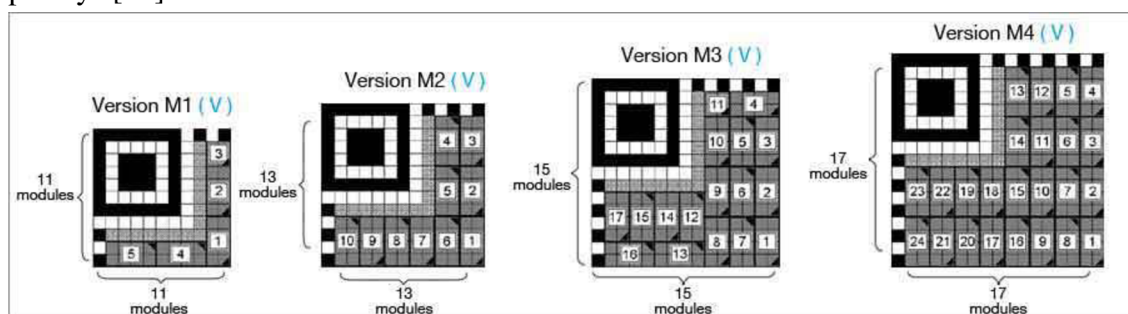
Pri čítaní zariadenie najprv identifikuje tri väčšie štvorce v rohoch obrazca. Následne sa využije jeden alebo viac menších štvorcov na úpravu orientácie veľkosti a uhla snímania. Obraz sa potom rozdelí na binárne čísla, ktoré prejdú korekciou chýb a následne sa interpretujú. Správa je zložená s cikcakovito rozložených skupín po ôsmich bitoch. Pre zamedzenie javom ako sú veľké prázdne plochy sú použité masky, čo sú vzory opakované na ploche určenej na dáta, ktoré sú po bodoch invertované samotným obsahom. Masky sú opakované vzory 6x6 modulov typov uhlopriečny alebo zvislý šráf, šachovnica atď. Typ masky, spolu s úrovňou ochrany pred poškodením dát sú zapísané v oblastiach pre informácie o formáte, ktoré sú rozložené v okolí troch štvorcov na určenie polohy. [10]

## 2.2.2 Varianty

QR kódy existujú v rôznych rozlíšeníach. Tieto sú určené verziami kódu. Najnižšie je 21x21 bodov, vo verzii 1, ktoré môže obsahovať do 41 numerických znakov alebo do 25 alfanumerických. Najvyššie povolené rozlíšenie je verzia 40 s 177x177 bodmi. Táto môže obsahovať až 7089 numerických alebo 4296 alfanumerických znakov. Každá z týchto verzii môže byť ešte typov L, M, Q a H, podľa stupňa ochrany pred stratou dát. [11]

Čím je táto ochrana vyššia, tým viac stratených dát sa dá dopočítať, ale tým je aj menšia kapacita. V QR kódoch sa využíva korekcia chýb typu Reed-Solomon. Tá umožňuje opraviť náhodné chyby vzniknuté pri čítaní alebo poškodením materiálu pomocou dodatočných dát. Pri vyšších úrovniach ochrany možno zaviesť do kódu úmyselné estetické zmeny, ktoré môžu narušiť časť obrazca, ale nezabránia čitateľnosti kódu. [10]

Pre niektoré účely je možné využiť variant „Micro QR Code“, ktorý môže niesť maximálne 35 numerických znakov vo verzii M4. Má len jeden štvorec na identifikáciu polohy. [15]



Obrázok 7: Interpretácia kódu Micro QR [16]

Na výpočty používam kódy s numerickou informáciou, pre lepšie porovnanie s predchádzajúcimi symbolikami.

Hustoty informácie pri nízkej korekcii chyby (L) a numerickej informácii, za predpokladu že jeden bod kódu má stranu 0.25 mm budú:

- Pre QR verzia 1:

$$\frac{\text{počet číslic}}{\text{plocha}} = \frac{\text{maximálny počet číslic v danej verzii}}{(\text{šírka modulu} * \text{strana kódu v moduloch})^2} = \frac{41}{(0.25 * 21)^2} = 1.4875 \text{ znakov/mm}^2$$

- Pre QR verzia 40:

$$\frac{\text{počet číslic}}{\text{plocha}} = \frac{\text{maximálny počet číslic v danej verzii}}{(\text{šírka modulu} * \text{strana kódu v moduloch})^2} = \frac{7089}{(0.25 * 177)^2} = 3.6204 \text{ číslic/mm}^2$$

- Pre Micro QR verzia M4:

$$\frac{\text{počet číslic}}{\text{plocha}} = \frac{\text{maximálny počet číslic v danej verzii}}{(\text{šírka modulu} * \text{strana kódu v moduloch})^2} = \frac{35}{(0.25 * 17)^2} = 1.9377 \text{ číslic/mm}^2$$

Verzia	Dosiahnuteľná hustota (čílsice/mm <sup>2</sup> )	Minimálna veľkosť (mm <sup>2</sup> )
QR verzia 1	1.4875	27.5625
QR verzia 40	3.6204	1958.0625
Micro QR verzia M4	1.9377	18.0625

Tabuľka 2.: Dosiahnuteľné hustoty dát a minimálne veľkosti QR kódov.

Z uvedenej tabuľky vyplýva že pre aplikácie nevyžadujúce veľké množstvo dát sú výhodnejšie verzie s menším rozmerom a naopak. QR kódy v každom prípade dosahujú vyššie kapacity než čiarové kódy.

## 2.3 Infračervená komunikácia

Okrem identifikácie pomocou grafických kódov je možné z elektromerov získať informácie pomocou optickej hlavy. [17]

Tento typ komunikácie je spoľahlivý, ale nie je možné ho použiť v prípade výpadku elektrickej energie alebo vnútorného poškodenia. Optickú hlavu je okrem toho obtiažne správne umiestniť a čítanie informácií s jej pomocou je zdĺhavé. Výhodou je, že obsah nie je vystavený vonkajšiemu prostrediu, takže nehrozí znehodnotenie informácie napríklad zoškrabaním povrchu, ako by to mohlo byť pri čiarových kódoch alebo QR.

## 3 SMART GRID

### 3.1 Definícia

Termín „smart grid“ označuje novú generáciu elektrických rozvodných systémov význačných zvýšeným využívaním komunikačných a informačných technológií v generovaní dodávke a spotrebe elektrickej energie. [18]

Každé zariadenie v takejto sieti môže byť vybavené senzormi na zber dát o pomeroch v sieti, obojsmernú digitálnu komunikáciu s operačným centrom. Táto technológia umožňuje riadiť a monitorovať každé zariadenie z jednej centrálnej pozície. [19]

Pre užívateľov táto technológia prináša možnosti presne sledovať aká je ich spotreba, prípadne výdaj energie v každom momente. Tento systém taktiež umožní sledovať potenciálne problémy a straty centrálné a predchádzať im. [20]

Smart grid môže taktiež znížiť dopad produkcie elektrickej energie na životné prostredie, a to najmä zjednodušením inkorporácie obnoviteľných zdrojov energie, znižovaním potreby napríklad pre fosílna palivá vďaka efektívnejšej distribúcii z ostatných zdrojov, znížením strát vďaka kontrolovaniu jalových výkonov a podobne. [21]

### 3.2 Použitie čiarových a QR kódov

Na fyzickú identifikáciu zariadení v elektrických rozvodných sieťach sa používajú vo svete najmä čiarové kódy. Toto nie je špecifické len pre siete typu Smart grid, ktorý sa líši od starších typov sietí práve možnosťou identifikovať a monitorovať zariadenia na diaľku z centrály. Čiarové kódy poskytujú možnosť efektívne získať informácie o danom zariadení na mieste. Zdá sa že na tento účel sa kódy QR nepoužívajú, čo môže byť spôsobené nižšími požiadavkami na informačnú kapacitu a dostatočným miestom na elektromeroch. Zavádzanie sietí Smart grid by ale v budúcnosti mohlo tieto požiadavky zmeniť.

# 4 APLIKÁCIA PRE TESTOVANIE

## 4.1 Návrh aplikácie

Súčasťou tejto práce je tvorba aplikácie na čítanie QR kódov a čiarových kódov pomocou kamery na prenosných zariadeniach. Účelom bolo v tejto fáze najmä porovnať časy a podmienky identifikácie grafických kódov pomocou univerzálneho zariadenia s vhodným softwarom a pomocou špecializovaných zariadení. Aplikácie na identifikáciu QR kódov sú bežne dostupné, ale neponúkajú možnosť merať čas dekodovania správy z obrazu.

Aplikácia je vyvíjaná v prostredí Qt, ktoré umožňuje tvorbu aplikácii pre rôzne platformy. Aplikácia pre túto prácu je vyvíjaná pre Windows a Android, pretože na týchto operačných systémoch je momentálne možné testovať.

V ďalšej fáze bola táto aplikácia rozvinutá o ďalšie funkcie na účely evidencie zariadení, ktoré ale pre testovanie neboli potrebné.

### 4.1.1 Výber knižnice

Na čítanie QR kódov je použitá knižnica ZXing, známa aj ako „Zebra Crossing“, ktorá je open source s licenciou Apache 2.0 a umožňuje aj detekciu iných formátov, ako je napríklad Code 128. [22]

Konkrétne sa tu používa QZXing, čo je ZXing knižnica s obálkou pre použitie v Qt. [23]

Toto zjednodušuje použitie v tom, že všetky potrebné podsúbory možno pripojiť naraz jedným príkazom.

Taktiež bolo nutné pripojiť knižnicu libiconv, používanú na konverziu znakových sad. Táto je pod licenciou GNU. [24]

Táto je vo Windows dostupná natívne, ale pre Android ju bolo potrebné zvlášť pripojiť, pripravenú vo formáte .so cez Android NDK.

Druhá alternatíva ktorá bola zvažovaná, bola open source knižnica ZBar. Táto ponúka podobnú škálu funkcií a podporu vývoja v Qt. [25]

Táto má podľa používateľov porovnateľný výkon ale ZXing lepšie rozoznáva kódy za zhoršených podmienok. ZBar máva niekedy taktiež problémy pri spracovaní QR kódov vyšších verzii. [26]

Na základe týchto správ, lepšej dostupnosti knižnice upravenej pre Qt a taktiež na základe pozitívnych skúseností autora tejto práce s používaním aplikácií využívajúcich knižnicu ZXing bola táto zvolená pre túto prácu.

Okrem týchto knižníc bola k aplikácii pridané súčasti knižnice OpenCV (Open Source Computer Vision Library). Táto obsahuje algoritmy na spracovanie obrazu a je na takéto účely používaná spoločnosťami ako je Google, Yahooo, Microsoft a podobne. Podporuje viaceré platformy, napríklad Windows, Android alebo Mac OS a je vydaná pod licenciou BSD. [27]

Využitá je tu jej funkcia získavania obrazu z kamery, pretože knižnica QCamera, ktorá je v Qt na tento účel určená, nie je kompatibilná s platformou Android 2.2.3, na ktorej bude aplikácia v tejto práci používaná. [28]

## 4.2 Užívateľské prostredie

Aplikácia je tvorená ako „Qt Widgets Application“, čo umožňuje tvoriť grafické prostredie ručne s použitím prvkov známych z Windows. Táto aplikácia obsahuje na hlavnom okne plochu na ktorej sa zobrazuje výstup z kamery. Ďalej sa tu nachádza textový riadok, ktorý bude udávať nájdený obsah, riadok, ktorý udáva čas, ktorý bol potrebný na detekciu, tlačidlo na vymazanie nájdeného obsahu, prvky na voľbu medzi čítanými symbolikami QR, Interleaved a Code 128.

Kódy Micro QR v tejto verzii čítané nie sú, pretože žiadna dostupná knižnica ich čítanie nepodporuje a taktiež je obtiažnejšie. [29]

Pri jednorozmerných čiarových kódoch je v náhľade vidieť horizontálna čiara, ktorá ukazuje, kde v obraze sa detekuje. Detekcia prebieha len na úzkom páse na tejto čiare, čo urýchľuje detekciu a robí smerovanie kamery jasnejším. V prípade zvolenia ďalšie nastavenia, ako výber kamery, v prípade, že má zariadenie viac ako jednu, sú dostupné v Menu, ktoré sa vo Windows zobrazuje ako štandardný horný panel možností a v Android sa sprístupní stlačením funkčného tlačidla možností. Takúto univerzálnosť poskytuje samotné Qt. Toto menu taktiež obsahuje možnosť obraz pred spracovaním zrkadlovo prevrátiť. Niektoré predné kamery totiž podávajú prevrátený výstup, čo znemožňuje bez prevrátenia čítať obsah kódov.

## 5 TESTOVANIE

Spoločnosť ČEZ využíva na fyzickú identifikáciu čiarové kódy symboliky Code 128-B s 16 znakmi. Štyri znaky z toho identifikujú typ zariadenia a osem výrobné číslo. Všetky znaky sú tu číselné.

Od týchto charakteristík sa budem odrážať pri testovaní čítania rôznych kódov.

Pomocou webových aplikácií boli vytvorené vzorky štyroch druhov grafických kódov pre účely testovania: QT, micro QT, Interleaved 2 of 5 a Code 128. Tieto som si vytvoril vo viacerých veľkostných formátoch. Okrem toho boli QR kódy vygenerované v štyroch úrovniach ochrany dát.

Webové aplikácie na generáciu boli nájdené na weboch [raconindustries.com](http://raconindustries.com) [30] a [keremerkan.net](http://keremerkan.net) [31].

Hneď z počiatočných testov vyplýva, že na spoľahlivé prečítanie jednorozmerných čiarových kódov s týmto dátovým obsahom je potrebná šírka obrazu z kamery aspoň 640 pixlov. Pri snímaní obrazu v štandardnom rozlíšení 640x480 však nastávajú viditeľné oneskorenia. Okrem toho kamera s dostatočnou ostrosťou dokáže snímať len väčšie z dvojíc čiarových kódov na testovacej strane.

Tieto nedostatky by mohli byť potlačené použitím hardvéru vyššej kategórie než je použitý pri tomto testovaní. Toto by ale zvýšilo náklady.

Oproti tomu kódy QR sú čítané bez chýb v rozlíšení kamery 320x240, v strednej veľkosti predlohy. Toto je umožnené väčšou schopnosťou dopĺňať poškodené dáta a rozložením obsahu do dvoch rozmerov, čo umožňuje snímanie z menšej vzdialenosti a menšie požiadavky na malé rozmery modulu. Toto jednoznačne zvyhodňuje QR kódy pri použití v mobilných zariadeniach na tento účel. Pri nich sú hardvérové nároky nižšie a plocha ktorú by kódy museli zaberat' menšia.

Nevýhodou snímania QR je dlhší čas detekcie v obraze, pretože na získanie celej informácie nestačí úzky pás a metóda kódovania je komplexnejšia. Tento čas je o mnoho menší ako straty pri snímaní s väčším rozlíšením.

Vo všetkých prípadoch nastávali občasné problémy s odleskami. Tomuto možno zamedziť tým, že sa zabezpečí vhodný uhol snímania, osvetlenie, tienenie alebo použitie málo reflexných materiálov.



Obrázok 8: Ukážky poškodenia odleskom



Nasledujúce tabuľky ukazujú časy v milisekundách namerané medzi získaním snímku a obsahu v kóde pre čiarové kódy a QR kódy.

svetelnosť (lux)	L2	L3	M2	M3	Q2	Q3	H2	H3
250	27	28	30	28	33	27	27	29
140	25	27	25	26	25	26	28	29
80	25	30	25	24	25	25	24	25
65	25	25	28	25	25	28	25	28
45	25	24	25	25	25	24	24	25

Tabuľka 3: snímanie QR kódov pri rozlíšení 320x240

svetelnosť (lux)	L2	L3	M2	M3	Q2	Q3	H2	H3
250	97	97	98	99	96	97	96	97
140	96	96	95	93	94	98	94	99
80	98	94	93	96	98	95	97	99
65	93	95	94	95	98	98	98	98
45	94	100	93	99	96	93	93	99

Tabuľka 4: snímanie QR kódov pri rozlíšení 640x480

svetelnosť (lux)	1.	2.
250	1	2
140	1	1
80	1	1
65	1	1
45	1	1

Tabuľka 5: snímanie kódov 128B pri rozlíšení 640x480

svetelnosť (lux)	1.	2.
250	1	2
140	1	2
80	1	1
65	1	1
45	1	2

Tabuľka 6: snímanie kódov Interleaved 2of5 pri rozlíšení 640x480

Snímanie bolo v rozlíšeníach 640x480 a 320x240, vo vzdialenostiach 10 cm pre vzory veľkosti 2 a 20 cm pre veľkosť 3. Pri QR kódoch písmeno znamená stupeň ochrany pred stratou dát a číslo znamená veľkosť. Veľkosť 1 má stranu 5mm, veľkosť 2 má stranu 22mm a veľkosť 3 44mm. Pri čiarových kódach sú odlišené len veľkosti. Pri snímaní QR kódov nebolo možné prečítať najmenšie kódy (veľkosť 1) na vzorovej strane. Čiarové kódy, obzvlášť pri veľkosti 1 nebolo možné spoľahlivo čítať pri

rozlíšení 320x240. Šírky vzorov Interleaved 2of5 boli 64mm a 150mm. Vzory pre code128B boli široké 55mm a 142mm.

Veľmi krátke časy namerané pri snímaní jednorozmerných čiarových kódov sú dôsledkom toho, že na detegovanie je využívaný len úzky pás v strede snímaného obrazu. Samotné snímanie však zaberá celý obraz a pri rozlíšení v akom bolo toto meranie vykonané spôsobovalo vážne oneskorenie, ktoré ale nebolo možné merať. Taktiež pri čítaní čiarových kódov veľkosti 1 trvalo zaostrovanie dobu 2 až 12 sekúnd a v niektorých prípadoch bol získaný nesprávny výsledok, napríklad chýbajúce znaky pri konci prečítaného obsahu.

Ani v jednom prípade nebol zaznamenaný žiaden vzťah medzi svetelnosťou a dobou detekcie. Najnižšia svetelnosť pri akej program dokázal zistiť obsah bola 13 lux pre QR kódy a 16 lux pre čiarové kódy.

Pri QR kódoch je vidieť, že čas detekcie pri vyššom rozlíšení bol približne štvornásobný, čo zodpovedá pomeru počtov pixlov v použitých rozlíšeniach. Toto veľmi zvýšilo oneskorenie.

Pri testoch bol použitý telefón Bluebo L100-FW a svetelnosť bola meraná s pomocou prístroja SOLEX SL-200 (s.č.: 940598).

Na porovnanie boli vykonané aj testy s pomocou čítačky čiarových kódov Eclipse MS5145 RS232/LP (s.č.: 2D10350341) od spoločnosti Honeywell.

Časy detekcie nebolo možné merať. Po spustení snímania bol získaný výsledok zdanlivo okamžite a pri žiadnom pokuse neboli získané nesprávne údaje. Čítanie nepreukázalo žiadnu závislosť na svetelnosti. Prístroj však nedokázal prečítať kód Interleaved 2of5 veľkosti 2, ktorý je podľa štandardu ITF-14 a jeho väčšie rozmery sú vhodnejšie pre čítanie kamerou.

# 6 APLIKÁCIA PRE EVIDENCIU

## 6.1 Návrh aplikácie

Aplikáciu pre evidenciu zariadení pri inštalácii by mala mať možnosť ukladať vybrané údaje o každom evidovanom zariadení do vhodnej databázy. Taktiež by mala byť schopná zaznamenávať geografické koordináty miesta kde sa inštalácia vykonáva. Vhodná je aj možnosť čítať čiarové alebo QR kódy zo zariadení, pre získanie ich identifikačného čísla. Podľa neho by bolo možné načítať zaznamenané údaje o danom zariadení, ak už bolo zaradené do databázy a prípadne ich meniť. Táto funkcia tvorí najzložitejšiu časť aplikácie a bola prebratá z aplikácie pre testovanie s drobnými úpravami. Hlavnou zmenou je odobratie riadku pre záznam času detekcie, pretože táto funkcia nie je potrebná pri evidencii. Orientačný čas je stále zaznamenaný, a to v štítku s nápisom Obsah. Čiara na čítanie čiarových kódov bola zmenená na zvislú, pretože aplikácia je na mobilných zariadeniach viac prehľadná v portrétovom móde. Do aplikácie je zaradená aj funkcia generovania týchto grafických kódov. V prípade že zariadenie ešte nebolo vybavené touto identifikáciou, bolo by možné pomocou napríklad príručnej tlačiarne vytvoriť nálepky ktoré by mohli byť použité.

### 6.1.1 Výber knižníc

Časť aplikácie pre čítanie grafických kódov obsahuje knižnice ZXing a OpenCV, popísanú vyššie, ako aj ostatné spomínané knižnice.

Pre získavanie momentálnej polohy poskytovalo samotné použité vývojové prostredie Qt API označené ako Qt Positioning [32].

Toto umožňuje získavanie polohy z rôznych zariadení pripojených k zariadeniu na ktorom sa aplikácia bude používať, v prípade že je takéto dostupné. V tejto aplikácii nám umožní používať GPS satelity. Pre použitie v Android bolo potrebné prejsť na vývojovú verziu Qt 5.3, pretože v skorších verziách podpora týchto funkcií v Android nebola [33].

Funkcia generovania grafických kódov existuje v ZXing, ale nie je prítomná vo verzii v C++ [34].

Preto som na tento účel použil knižnicu Zint. Je to knižnica vydaná pod licenciou GNU ktorá umožňuje tvorbu grafických kódov, vrátane tu používaných QR, Code 128 a Interleaved 2of5 [35].

Táto knižnica sa dobre používala v kombinácii s Qt, bolo však nutné vykonať na nej určité modifikácie, napríklad som odstránil používanie podknižnice pre generovanie obrázkov vo formáte .png. Toto totiž v prípade potreby Qt dokáže sám a nie je teda nutné pridávať externú knižnicu.

Ukladanie do databázy bolo vykonané znova s použitím API poskytovaného priamo od Qt. V tomto prípade je to Qt SQL [36].

## 6.2 Užívateľské prostredie

Hlavným oknom aplikácie je riadkový formulár, ktorý obsahuje textové polia pre zadanie údajov o prístroji ktorý práve evidujeme alebo identifikujeme. Tieto údaje sú:

- ID prístroja – identifikačné číslo ktoré je zároveň zakódované v grafických kódoch na prístroji
- Počiatočný stav merača
- Adresa
- GPS – koordináty ktoré možno na mieste zaznamenať
- Číslo zákazníka
- Tarifa
- Poznámky
- Fotografia – možno snímať ju na mieste

Polia ktoré môžu obsahovať iba číselné hodnoty sú prispôsobené tak, aby iné údaje neprijímali. V prípade ID prístroja, ktoré by malo byť číselné toto pole neprijme nečíselné vstupné hodnoty ani ak budú získané skenovaním.

Formulár ponúka možnosť údaje z týchto polí uložiť do databázy SQLite, pomocou tlačidla uložiť. SQLite je použitá, pretože je typu „serverless“, teda nepotrebuje spojenie so žiadnym serverom a je obsiahnutá v samostatnom súbore, ktorý možno v prípade potreby vzájomne synchronizovať s jednou centrálnou databázou. Toto je vhodnejšie pre použitie v mobilných zariadeniach ktoré nemusia mať neustále spojenie so sieťou. V prípade, že sa v databáze údaj s rovnakým ID už nachádza, bude na toto užívateľ upozornený a bude mu ponúknutá možnosť načítať tieto údaje, alebo ich prepísať údajmi momentálne zapísanými vo formulári.

Užívateľ má tiež možnosť zobrazíť si tabuľku doposiaľ zaznamenaných hodnôt. Táto tabuľka bude automaticky zobrazená aj pri pridaní nového záznamu.

Pri poli na zadávanie ID je umiestnené tlačidlo označené „sc“, ktoré otvorí okno na skenovanie grafických kódov, aké bolo použité pri testovaní vyššie, avšak prispôbené pre jednoduchšie používanie, bez merania času snímania, ktoré umožňuje odovzdať získané údaje priamo do poľa pre ID v hlavnom formulári.

Podobné tlačidlo, označené „G“, je pri poli GPS. Jeho pomocou je možné získať a vložiť údaje geografickej polohy získané zo satelitov GPS, ak je potrebný hardvér k dispozícii. Tieto údaje sú uložené vo forme dvoch desatinných čísel, ktoré hovoria o zemepisnej šírke a dĺžke. Kladné čísla znamenajú respektíve severnú a východnú pologuľu. Priamo v tomto formáte polohu aj ukladám, pretože je vhodnejší pre prípadné ďalšie spracovanie softvérom.

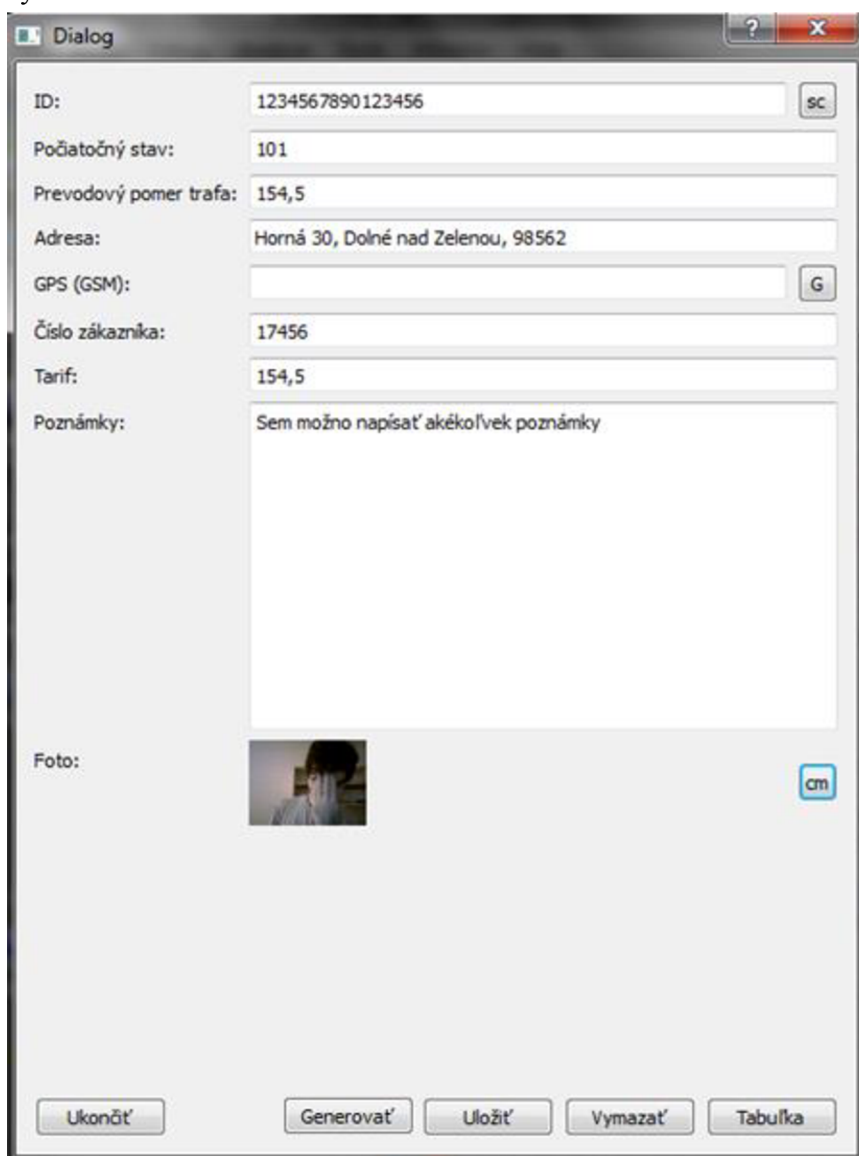
Tlačidlo pre získanie fotografie označené „cm“ otvorí jednoduché okno na získanie fotografie z kamery. Toto okno používa opäť knižnicu OpenCV a získanú fotografiu

uloží do pamäti, pričom jej miniatúra sa zobrazí v hlavnom formulári. Ak užívateľ uloží údaje, bude do databázy pridaná aj fotografia v plnej veľkosti vo formáte .png.

Ďalšie tlačidlo, označené Generovanie otvorí okno kde sú vygenerované kódy QR, Code 128B a Interleaved 2of5 z ID momentálne zadaného vo formulári. Tieto obrázky je teoreticky možné zaslať na tlač do príručnej tlačiarne, túto funkciu som ale v rámci tejto práce nevytvoril.

Hlavný formulár obsahuje aj tlačidlá na vymazanie údajov zapísaných vo formulári a tlačidlo na ukončenie aplikácie. Toto tlačidlo je redundantné v systéme Windows, ale v Android je nevyhnutné na korektné ukončenie aplikácie.

Všetky okná sú v operačnom systéme Android zobrazené v móde fullscreen pre lepšie využitie menších obrazoviek.



The screenshot shows a dialog box titled "Dialog" with the following fields and controls:

- ID: 1234567890123456 (with a "sc" button)
- Počiatkový stav: 101
- Prevodový pomer traťa: 154,5
- Adresa: Horná 30, Dolné nad Zelenou, 98562
- GPS (GSM): (with a "G" button)
- Číslo zákazníka: 17456
- Tarif: 154,5
- Poznámky: Sem možno napísať akékoľvek poznámky (text area)
- Foto: (with a photo thumbnail and a "cm" button)

At the bottom, there are five buttons: Ukončiť, Generovať, Uložiť, Vymazať, and Tabuľka.

Obrázok 9: Hlavný formulár aplikácie



Obrázok 10: Okno snímania grafických kódov



Obrázok 11: Okno na generovanie grafických kódov

### 6.3 Dodatočné testy

Po dokončení aplikácie boli vykonané testy časov snímania grafických kódov od spustenia snímania. Testy boli vykonané pomocou zariadenia Orange San Francisco II, s operačným systémom Android 2.3.5. Zariadenia je nižšej cenovej kategórie a jeho frekvencia procesora je 800 MHz. Tento krát sa meralo vrátane času zaostrenia a neúspešných pokusov. Testovali sa kódy QR so stupňom ochrany H, veľkostí z vzorového hárku 2 a 3, pretože jednotlivé stupne ochrany nemali pri predchádzajúcich testoch rozdielne časy snímania, a čiarové kódy Interleaved a Code 128 veľkostí 2. Ak to bolo možné, bolo merané pre vzdialenosti zariadenia 10cm a 20cm od vzoru. Čiarové kódy veľkostí 1 nebolo možné na danom zariadení zaznamenať, kvôli limitu zaostrenia kamery a kódy veľkosti 2 bolo možné zaznamenať len vo vzdialenosti 20cm kvôli ich rozmerom. Pri čiarových kódach bolo opäť nutné použiť rozlíšenie 640x480, pričom pre QR bolo dostačujúce rozlíšenie 320x240. Merania preto boli vykonané na týchto rozlíšeníach. Merania boli vykonané pre denné svetlo a tmavú izbu. V každom z meraných prípadov bolo meranie zopakované 5 krát a priemerované. Jednotlivé merania by inak nemali výpovednú hodnotu, pretože ich časy boli veľmi rôznorodé, závislé napríklad na predchádzajúcom stave zaostrenia kamery. V nasledujúcich tabuľkách sú zapísané priemerné hodnoty pre každý z merateľných prípadov:

vzdialenosť	QR kód, veľkosť 2	QR kód, veľkosť 3	Interleaved, veľkosť 2	Code128, veľkosť 2
10cm	88ms	108ms	Nevojde do snímku	Nevojde do snímku
20cm	nezaznamená	36ms	1004ms	378ms

Tabuľka 7: Meranie na dennom svetle

vzdialenosť	QR kód, veľkosť 2	QR kód, veľkosť 3	Interleaved, veľkosť 2	Code128, veľkosť 2
10cm	176ms	190ms	Nevojde do snímku	Nevojde do snímku
20cm	nezaznamená	66ms	660ms	nezaznamená

Tabuľka 8: Meranie v tmavej miestnosti

Z týchto údajov vyplýva, že QR kódy veľkosti 2 (22x22mm) je nutné snímať zo vzdialenosti približne 10cm a veľkosť 3 (44x44mm) je vhodné snímať zo vzdialenosti približne 20cm. Pre zvýšenie vzdialenosti pri ktorej možné ich snímať a pre čitateľnosť aj v horších podmienkach bolo nutné zvýšiť rozlíšenie kamery. Pri rozlíšení 640x480 bolo možné čítať aj QR kódy veľkosti 2 z 20cm, za cenu trhaného a oneskoreného obrazu z kamery, a to aj pri zhoršenej viditeľnosti. Priemerná doba do detekcie bola v tomto prípade 814ms, opäť ale s výrazne rôznymi jednotlivými výsledkami.

Súčasne sa potvrdilo, že pre mobilné zariadenia, zvlášť pre zariadenia nižšej kategórie sú čiarové kódy na tento účel menej vhodné ako QR kódy.

Za zmienku stojí aj pozorovanie, že Interleaved 2of5 bolo možné snímať aj pri šere, zatiaľ čo Code 128 nebolo, a namerané časy boli dokonca nižšie ako pri svetle. Toto možno vysvetliť tým, že Interleaved 2of5 je len dvojšírková symbolika, teda jej dekódovanie je jednoduchšie a odolnejšie voči chybám. Nižší čas možno teoreticky vysvetliť absenciou odleskov.



## 7 ZHRNUTIE

### 7.1 Čiarové kódy

Jednorozmerné čiarové kódy sa čítajú zväčša laserovým lúčom v jednej línii, teda majú nižšie nároky na prenos dát a výpočtovú náročnosť pri spracovaní.

Pre čítanie kamerou ale nie sú podľa testovania ideálne.

Cena čítačiek sa pohybuje v rozmedzí od cca 1000Kč až po cca 14000Kč pre zariadenia s vlastným operačným systémom. [37]

Výhody	Nevýhody
Hardwarová nenáročnosť (pri použití čítačky)	Nízka dátová kapacita
Zaužívanosť	Cena špecializovaných čítacích zariadení
	Zlá čitateľnosť pri detekcii kamerou.

Tabuľka 9: Výhody a nevýhody využitia čiarových kódov

### 7.2 QR kódy

Ako je vidieť na výsledkoch výpočtov hustoty informácie na plochu, QR kódy sú na tom oveľa lepšie ako jednorozmerné čiarové kódy.

Ceny webových kamier ktoré je možné na tento účel použiť sú v cenovom rozsahu cca 200Kč do 2000Kč, čo je značne nižšie než pre čítačky. [38]

Ak by sme pre tento účel chceli použiť tablety, tie sa pohybujú v podobnom cenovom rozsahu ako čítačky. [39]

Každý ale má operačný systém, čo by umožnilo ich využívať na širokú škálu iných účelov, ako aj spojenie s databázou online.

Výhody	Nevýhody
Vysoká dátová kapacita	Vyššia náročnosť na hardware
Nižšia cena potrebných zariadení	Využitie na tento účel nemá precedens
	Nekompatibilita s používaným riešením

Tabuľka 10: Výhody a nevýhody využitia QR kódov

### 7.3 Zhodnotenie a návrhy

Z analýzy vyplýva, že na identifikáciu zariadení v sieti pomocou univerzálnych mobilných zariadení je výhodné používať kódy QR. Dôvodmi sú nižšie nároky na

rozmery týchto kódov v porovnaní s jednorozmernými čiarovými kódmi, ako aj nižšie nároky na hardware a vyššiu odolnosť voči poškodeniu dát a vyššia dátová kapacita.

Hardwarové obmedzenia spočívajú najmä v rozlíšení v akom je zariadenie schopné bez nadmerného oneskorenia čítať vstup z kamery. Na rozlíšenie sú jednorozmerné kódy náročnejšie, čo nie je možné významne zlepšiť spracovaním iba vybraného úzkeho pásu na detekciu, pretože samotné čítanie z kamery je v porovnaní s detekciou oveľa náročnejšie.

Z testov vyplýva tiež poznatok, že QR kódy by nemali byť o mnoho menšie ako vzor veľkosti 2, so stranou 22mm, pretože menší vzor už nebol pre aplikáciu čitateľný. Rozmery 22x22mm sú už dostatočné a zvyšovanie veľkosti neprineslo žiadne výrazné zlepšenie výkonu, ale aby bolo možné snímať zo vzdialenosti 20cm aj pri nízkom rozlíšení, ako napríklad 320x240, je vhodnejšie použiť rozmery blízke najvyššiemu vzoru, teda 44x44mm. Pri vyšších rozlíšeniach, napríklad 640x480 je z tejto vzdialenosti možné čítať aj kódy veľkosti 2 a to aj pri zhoršených svetelných podmienkach. Pri použití vyššieho rozlíšenia je teda možné uvažovať o menších rozmeroch kódov pri snímaní z vyššej vzdialenosti. Toto ale vyžaduje zariadenia s vyšším výkonom, pre zamedzenie oneskorovaniu snímaného obrazu.

Pre identifikačné čísla zariadení v rozvodných sieťach pre ich nízku obsažnosť nie je potrebné použiť QR kódy vyššej verzie ako 1.

Čítanie čiarových kódov ale pravdepodobne bude nutné ponechať pridané v aplikácii, pretože nahradenie všetkých čiarových kódov v sieti kódmi QR by mohlo trvať dlhšie obdobie, ak je to vôbec možné. V praxi by táto funkcia mala byť používaná iba ako núdzové východisko, vzhľadom k zlým charakteristikám pri snímaní čiarových kódov touto metódou.

Ak budú použité napríklad kvôli zachovaniu kompatibility, je vhodné používať ich v menších rozmeroch, napríklad šírky 55mm pre Code 128 a 64mm pre Interleaved 2of5. Tieto rozmery šetria plochu, a sú dobre čitateľné laserovými čítačkami.

Pre vyššiu univerzálnosť by mohlo byť vhodné vybaviť zariadenia kombináciou čiarového kódu týchto rozmerov pre čítanie laserovou čítačkou a QR kódu rozmerov 44x44mm, aby bolo možné snímať aj z vzdialenosti 20cm. Takto by obdĺžnikový štítok mohol mať rozmery približne 99x44 alebo 108x44mm. Prípadne pri použití vyššieho rozlíšenia pri snímaní by s použitím QR kódov rozmerov blízkych 22x22mm bolo možné vytvoriť štítok rozmerov 77x22mm alebo 86x22mm.

Ďalšie zníženie rozmerov a zvýšenie vzdialenosti z ktorej možno čítať vyžaduje ďalšie zvýšenie rozlíšenia kamery a teda aj vyššiu výpočtovú rýchlosť zariadenia.

Schopnosť aplikácie generovať grafické kódy by mohla byť v budúcnosti využitá na tlač identifikačných kódov priamo na mieste inštalácie, alebo pre prípady zmeny spôsobu evidencie.

Ako súčasť tohto systému by bolo taktiež vhodné pridať aj čítanie pomocou optickej hlavy, čo by mohlo v niektorých prípadoch byť výhodnejšie.

## 8 ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo porovnanie možností fyzickej identifikácie zariadení v inteligentných sieťach.

Prvé dve kapitoly sa zaoberajú teoretickými východiskami pre spracovanie zadanej témy, ktoré boli získané štúdiom dostupnej literatúry.

V kapitole Možnosti identifikácie sú zhrnuté niektoré vlastnosti používaných symbolík čiarových kódov a QR kódov, ako spôsob ich čítania a dosiahnuteľná hustota informácie na plochu. Taktiež je tu stručne zmienená infračervená komunikácia.

V nasledujúcej kapitole, Smart grid, sa nachádza popis inteligentných rozvodných sietí smart grid, spolu s ich výhodami pre prostredie a užívateľa a zhodnotením použiteľnosti QR kódov v týchto sieťach. Tieto kódy na takýto účel neboli v minulosti využívané.

V nasledujúcich kapitolách je popísaný postup praktického zisťovania vlastností jednotlivých v práci popísaných symbolík čiarových a QR kódov.

Kapitola Aplikácia pre testovanie hovorí o tvorbe základnej aplikácie na čítanie informácií z QR a čiarových kódov. Táto aplikácia bola tvorená na testovanie a meranie vlastností čítania týchto kódov pomocou univerzálnych mobilných zariadení.

Výsledky uvedených testov sú popísané a zhodnotené v kapitole Testovanie.

Tvorba aplikácie rozšírenej o ďalšie funkcie pre evidenciu zariadení je popísané v kapitole Aplikácia pre evidenciu. Táto aplikácia dokáže okrem snímania a dekódovania grafických kódov aj zaznamenať aktuálne súradnice GPS a snímky z fotoaparátu do databázy SQLite na platformách Android a Windows.

Na záver sú v kapitole Zhrnutie porovnané výhody a nevýhody jednotlivých metód identifikácie a podané návrhy vyplývajúce z nich.

# Literatúra

1. Barcode Island. [GENERAL SYMBOLOGY BACKGROUND INFORMATION] In: *GENERAL SYMBOLOGY BACKGROUND INFORMATION* [online]. © 2006 [cit. 0517. Dostupné z: <http://www.barcodeisland.com/syminfo.phtml>
2. Nationwide Barcode. [1D BARCODE FORMATS] In: *ID BARCODE FORMATS* [online]. Issaquah, Washington: © 2014 [cit. 0517. Dostupné z: <http://www.nationwidebarcode.com/1d-barcode-format/>
3. Barcode. In: *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [Barcode]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2013 [cit. 1126]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Barcode>
4. INTERLEAVED 2 OF 5 SYMBOLOGY. In: *Barcode Island* [INTERLEAVED 2 OF 5 SYMBOLOGY]. © 2006 [cit. 1126]. Dostupné z: <http://www.barcodeisland.com/int2of5.phtml>
5. Reload. [Barcode technology] In: *Barcode technology: Barcode technology* [online]. 2012 [cit. 1204. Dostupné z: <http://reload4btech.blogspot.cz/2012/01/barcode-technology.html>
6. Průvodce elektroměry Skupiny ČEZ. In: *Skupina ČEZ* [Průvodce elektroměry Skupiny ČEZ]. Praha: © 2013 [cit. 1126]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/co-delat-kdyz/technicke-zalezitosti/pro-odberatele/pruvodce-elektromery.html>
7. ITF-14 (Interleaved 2-of-5) Symbol Specifications. *ITF-14 (Interleaved 2-of-5) Symbol Specifications*. GS1 Australia, 2010 [cit. 1126]. Dostupné z: [http://www.gs1au.org/assets/documents/info/technical/tfs7\\_itf14\\_barcode\\_symbol\\_spec.pdf](http://www.gs1au.org/assets/documents/info/technical/tfs7_itf14_barcode_symbol_spec.pdf)
8. Code 128. In: *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [Code 128]. San Francisco: Wikimedia Foundation [cit. 1128]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Code\\_128](http://en.wikipedia.org/wiki/Code_128)
9. Precision ID. [Code 128 General Specifications and FAQ] In: *Code 128 General Specifications and FAQ* [online]. © 2005 [cit. 1204. Dostupné z: <http://www.precisionid.com/code128-barcode-faq.aspx>
10. QR code. In: *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [QR code]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2013 [cit. 1126]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/QR\\_Code](http://en.wikipedia.org/wiki/QR_Code)
11. QR Code.com. [Information capacity and versions of the QR Code] In: *Information capacity and versions of the QR Code* [online]. 2013 [cit. 1126. Dostupné z: <http://www.qrcode.com/en/about/version.html>
12. Mobile-QR-Codes.org. [What are QR codes used for] In: *What are QR codes used for* [online]. New York: [cit. 0102. Dostupné z: <http://www.mobile-qr-codes.org/what-are-qr-codes-used-for.html>

13. Wikimedia Commons. [QR Character Placement] In: *QR Character Placement* [online]. San Francisco: 2011 [cit. 1204]. Dostupné z: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:QR\\_Character\\_Placement.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:QR_Character_Placement.svg)
14. Wikimedia commons. [QR Ver3 Codeword Ordering] In: *QR Ver3 Codeword Ordering* [online]. San Francisco: 2012 [cit. 1204]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:QR\\_Ver3\\_Codeword\\_Ordering.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:QR_Ver3_Codeword_Ordering.svg)
15. QR Code.com. [Micro QR Code] In: *Micro QR Code* [online]. [cit. 1126]. Dostupné z: <http://www.qrcode.com/en/codes/microqr.html>
16. OnBarcode: barcode SDKs that accelerate IT automation. [Micro QR Code Size Setting Instruction] In: *Micro QR Code Size Setting Instruction* [online]. © 2013 [cit. 1204]. Dostupné z: [http://www.onbarcode.com/micro\\_qr\\_code/micro\\_qr\\_code\\_size\\_setting.html](http://www.onbarcode.com/micro_qr_code/micro_qr_code_size_setting.html)
17. SMART energy meter MT5Q1D. *SMART energy meter MT5Q1D: DATASHEET*. Modemtec [cit. 012014]. Dostupné z: [http://www.modemtec.cz/MT5Q1D\\_-\\_Datasheet.pdf](http://www.modemtec.cz/MT5Q1D_-_Datasheet.pdf)
18. IEEE & Smart Grid: What is the Smart Grid? In: *IEEE: Smart Grid* [IEEE & Smart Grid]. IEEE, © 2013 [cit. 1128]. Dostupné z: <http://smartgrid.ieee.org/ieee-smart-grid>
19. *The Smart grid: An Introduction* [The Smart grid]. Washington: U.S. Department of Energy [cit. 1126]. Dostupné z: [http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE\\_SG\\_Book\\_Single\\_Pages%281%29.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf)
20. Smart Grid Consumer Benefits. In: *IEEE: Smart Grid* [Smart Grid Consumer Benefits]. New Jersey: IEEE, 2013 [cit. 1126]. Dostupné z: <http://smartgrid.ieee.org/questions-and-answers/964-smart-grid-consumer-benefits>
21. ENERGY SECTOR PLANNING AND ANALYSIS. *Environmental Impacts of Smart Grid* [Environmental Impacts of Smart Grid]. 2011 [cit. 1126]. Dostupné z: [http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/EnvImpact\\_SmartGrid.pdf](http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/EnvImpact_SmartGrid.pdf)
22. ZXing ("Zebra Crossing"). In: *Google Project Hosting* [ZXing ("Zebra Crossing")]. Google [cit. 1126]. Dostupné z: <https://code.google.com/p/zxing/>
23. FTYLITAKIS, N. QZXing: Qt wrapper library for the ZXing decoding library. In: *Sourceforge* [QZXing]. Dice Holdings, © 2013 [cit. 1126]. Dostupné z: <http://sourceforge.net/projects/qzxing/>
24. HAIBLE. GNU Operating system. [libiconv] In: *libiconv: Introduction to libiconv* [online]. Boston: © 1998 [cit. 1128]. Dostupné z: <http://www.gnu.org/software/libiconv/>
25. ZBar bar code reader. [ZBar bar code reader] In: *ZBar bar code reader* [online]. San Francisco: © 2007-2010 [cit. 1208]. Dostupné z: <http://zbar.sourceforge.net/index.html>
26. ZBar vs. zxing: QR recognition comparison. In: *stack overflow* [ZBar vs. zxing].

- 2013 [cit. 1208]. Dostupné z: <http://stackoverflow.com/questions/8933033/zbar-vs-zxing-qr-recognition-comparison>
27. Opencv. [About OpenCV] In: *About OpenCV* [online]. Nizhny Novgorod: © 2013 [cit. 1208]. Dostupné z: <http://opencv.org/about.html>
  28. Document the API level required for using video output. In: *Qt Bug Tracker: System Dashboard* [Document the API level required for using video output.]. 2013 [cit. 1128]. Dostupné z: <https://bugreports.qt-project.org/browse/QTBUG-35075>
  29. Micro QR code support. In: *zxing* [Micro QR code support]. Google Project Hosting, 2009 [cit. 1214]. Dostupné z: <https://code.google.com/p/zxing/issues/detail?id=185>
  30. RACO INDUSTRIES. Raco industries. [RACO Barcode Generator] In: *RACO Barcode Generator* [online]. © 1996-2008 [cit. 0102]. Dostupné z: <http://www.racoindustries.com/barcodegenerator/>
  31. KEREM ERKAN: The mind of the six billionth one.... [QR Code and 2D Code Generator] In: *QR Code and 2D Code Generator* [online]. [cit. 0102]. Dostupné z: <http://keremerkan.net/qr-code-and-2d-code-generator/>
  32. Qt Positioning. In: *Qt Project* [Qt Positioning]. Oslo: Qt Project Hosting, © 2013 [cit. 0510]. Dostupné z: <http://qt-project.org/doc/qt-5/qtpositioning-index.html>
  33. Positioning API (Qt 5.2 RC1) has no Android backend? In: *Qt Project* [Positioning API (Qt 5.2 RC1) has no Android backend?]. Oslo: Qt Project Hosting, 2013 [cit. 0510]. Dostupné z: <http://qt-project.org/forums/viewthread/35845>
  34. Generate 2D bar code (e.g. QR Code, Data Matrix, PDF417) on iPhone and Android. In: *Stack overflow* [Generate 2D bar code (e.g. QR Code, Data Matrix, PDF417) on iPhone and Android]. 2010 [cit. 0510]. Dostupné z: <http://stackoverflow.com/questions/4316658/generate-2d-bar-code-e-g-qr-code-data-matrix-pdf417-on-iphone-and-android>
  35. STUART, R. *Zint Barcode Generator and Zint Barcode Studio User Manual* [Zint Barcode Generator and Zint Barcode Studio User Manual]. ©2006 [cit. 0510]. Dostupné z: [ftp://ftp.heanet.ie/mirrors/sourceforge/z/project/zi/zint/zint/2.4.2/zint\\_manual\\_242.pdf](ftp://ftp.heanet.ie/mirrors/sourceforge/z/project/zi/zint/zint/2.4.2/zint_manual_242.pdf)
  36. Qt SQL. In: *Qt Project* [Qt SQL]. Oslo: Qt Project Hosting, © 2013 [cit. 0510]. Dostupné z: <http://qt-project.org/doc/qt-5/qtsql-index.html>
  37. Alza.cz. [Čtečky čárových kódů] In: *Čtečky čárových kódů* [online]. © 2000-2013 [cit. 0104]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/skenery/ctecky-carovych-kodu/18843318-p2.htm#f&pg=1&pn=1>
  38. Alza.cz. [Webkamery] In: *Webkamery* [online]. © 2000-2013 [cit. 0104]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/multimedia/webkamery/18842885.htm#f&pg=1&pn=1>
  39. Alza.cz. [Tablety] In: *Tablety* [online]. © 2000-2013 [cit. 0104]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/tablety/18852388.htm#f&pg=1&pn=1&po=1>

# Seznam příloh

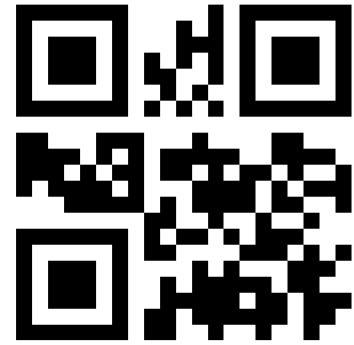
Příloha 1. Vzorové čiarové a QR kódy (nižšie)

Příloha 2. Zdrojové kódy programu

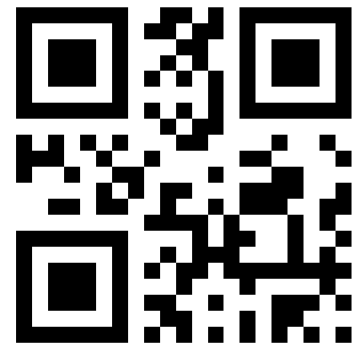
Obrázok 1: Spojitá a diskretny symbolika (GENERAL SYMBOLOGY BACKGROUND INFORMATION © 2006) .....	9
Obrázok 2: Dvojširokový a viacširokový kód (1D BARCODE FORMATS © 2014).....	10
Obrázok 3: Popis interpretácie symboliky Interleaved 1 of 5 (Barcode technology 2012) .....	10
Obrázok 4: Ilustrácia interpretácie kódu Code 128 (Code 128 General Specifications and FAQ © 2005) .....	12
Obrázok 5: Ilustrácia interpretácie kódu QR, verzie 1 (QR Character Placement 2011)13	
Obrázok 6: Ilustrácia interpretácie kódu QR, verzie 3 (QR Ver3 Codeword Ordering 2012) .....	14
Obrázok 7: Interpretácia kódu Micro QR (Micro QR Code Size Setting Instruction © 2013) .....	15
Obrázok 8: Ukážky poškodenia odleskom .....	20
Obrázok 9: Hlavný formulár aplikácie.....	25
Obrázok 10: Okno snímania grafických kódov .....	26
Obrázok 11: Okno na generovanie grafických kódov .....	26



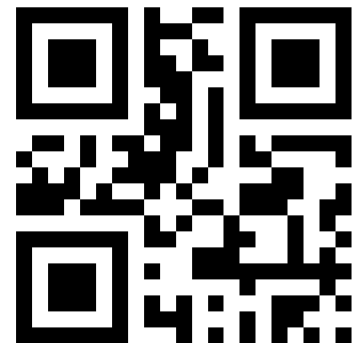
QR



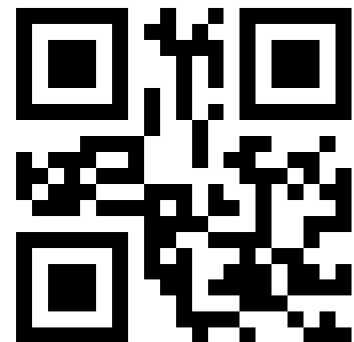
L



M



Q

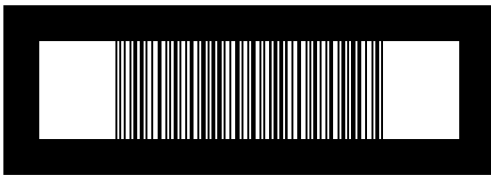


H

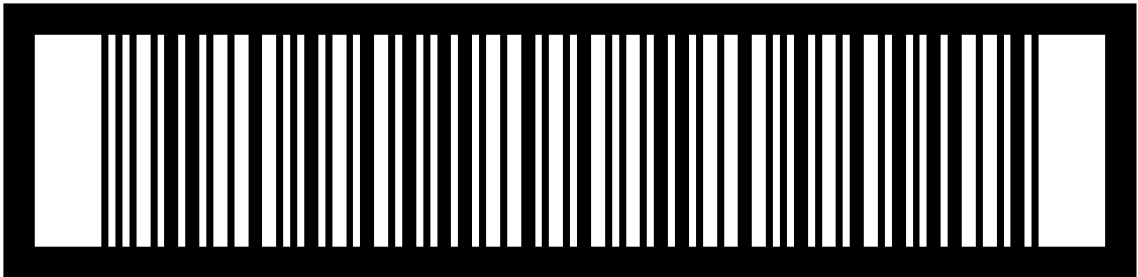
Micro QR



Interleaved 2 of 5



012345678901234560

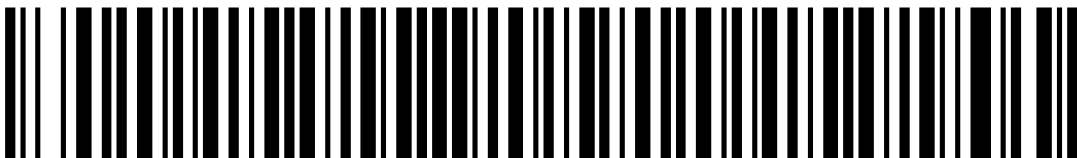


012345678901234560

Code 128B



1234567890123456



1234567890123456