



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií ■

# Inteligentní parkovací systém pro parkovací domy

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2612 – Elektrotechnika a informatika

*Studijní obor:* 2612R011 – Elektronické, informační a řídicí systémy

*Autor práce:* **Martin Bret**

*Vedoucí práce:* Ing. Zbyněk Mader, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechatronics, Informatics  
and Interdisciplinary Studies ■

# Intelligent Parking System for The Parking House

## Bachelor thesis

*Study programme:* B2612 – Electrotechnology and informatics

*Study branch:* 2612R011 – Electronic, Information and control systems

*Author:* **Martin Bret**

*Supervisor:* Ing. Zbyněk Mader, Ph.D.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Bret**  
Osobní číslo: **M15000082**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronické informační a řídicí systémy**  
Název tématu: **Inteligentní parkovací systém pro parkovací domy**  
Zadávací katedra: **Ústav informačních technologií a elektroniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s PLC Mitsubishi FX5U a mikrořadičem řady PIC32, vyberte vhodnou sběrnici pro datové přenosy.
2. Navrhněte model inteligentního parkovacího systému obsazenosti parkovacích míst. Systém bude řízen z PLC s operátorským panelem, bude vybaven informačními tabulemi a senzorickou sítí.
3. Sestavte funkční model parkoviště na desce o ploše cca půl krát jeden metr vhodně osazené elektronickými moduly, na které se dají dělat reálné simulace parkování a sledovat chování systému celého parkoviště v čase.

Rozsah grafických prací: Dle potřeby dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: cca 30-40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] AXELSON, Jan. Serial Port Complete. Second Edition, Lakeview Research LLC Madison, WI 53704, ISBN 978-1931448-07-9 DI JASIO, Lucio. Programming 32-bit microcontrollers in C: exploring the PIC32. Burlington, MA: Newnes, 2008. ISBN 9780750687096 IBRAHIM, Dogan. PIC32 microcontrollers and the digilent chipKIT:
- [2] introductory to advanced projects. First edition. Kidlington, Oxford:
- [3] Newnes is an imprint of Elsevier, 2015. ISBN 9780080999340

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zbyněk Mader, Ph.D.

Ústav informačních technologií a elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 19. října 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 14. května 2018

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Ondřej Novák, CSc.

vedoucí ústavu

V Liberci dne 19. října 2017



## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.


Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 8.5.2018

Podpis: 

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá návrhem a realizací funkčního modelu inteligentního parkovacího systému pro parkovací domy. Tento systém je složen ze sensorické sítě ovládané mikrořadiči PIC32 a hlavní řídicí jednotky PLC Mitsubishi FX5U. Mikrořadiče jsou spojené sběrníci RS485 pro posílání dat do PLC.

### **Klíčová slova:**

PIC32, Mitsubishi FX5U, parkovací systém, model, RS485.

## **Abstract**

This thesis deals with the design and implementation of a functional model of intelligent parking system for parking buildings. This system is composed of a sensor network controlled by the microcontroller PIC32 and the PLC Mitsubishi FX5U. The microcontrollers are connected by the bus RS485 to send data to the PLC.

### **Key words:**

PIC32, Mitsubishi FX5U, parking system, model, RS485.

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Zbyňkovi Maderovi za půjčení všech potřebných součástí pro dokončení této práce a za potřebnou pomoc a rady, které mi poskytl.

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Seznam obrázků</b>                                   | <b>10</b> |
| Seznam zkratk . . . . .                                 | 11        |
| <b>Úvod</b>   | <b>12</b> |
| <b>1 Návrh modelu parkoviště</b>                        | <b>13</b> |
| 1.1 Návrh zapojení elektroniky pro model . . . . .      | 14        |
| <b>2 Mikrořadič PIC32</b>                               | <b>15</b> |
| 2.1 Prostředí pro programování mikrořadiče . . . . .    | 15        |
| <b>3 Programovatelný logický automat</b>                | <b>17</b> |
| 3.1 Operátorský panel GOT GS2107 . . . . .              | 17        |
| 3.2 Nastavení komunikace PLC s displejem a PC . . . . . | 18        |
| <b>4 Senzorická síť</b>                                 | <b>19</b> |
| 4.1 Zapojení mikrořadiče PIC32 . . . . .                | 19        |
| 4.1.1 Multiplexor . . . . .                             | 20        |
| 4.1.2 Dekodér . . . . .                                 | 20        |
| 4.2 Informační displej . . . . .                        | 21        |
| 4.3 Zapojení optického IR senzor . . . . .              | 22        |
| 4.4 Obvod pro napájení . . . . .                        | 23        |
| 4.5 Obvod pro komunikaci se sběrnici RS485 . . . . .    | 23        |
| <b>5 Komunikační rozhraní</b>                           | <b>24</b> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.1      | Komunikační protokol pro sběrnici RS485 . . . . . | 24        |
| <b>6</b> | <b>Program</b>                                    | <b>26</b> |
| 6.1      | Program pro PIC32 . . . . .                       | 26        |
| 6.1.1    | Nastavení mikrořadiče a jeho frekvence . . . . .  | 26        |
| 6.1.2    | Inicializace funkcí a proměných . . . . .         | 27        |
| 6.1.3    | Hlavní smyčka programu . . . . .                  | 29        |
| 6.1.4    | Funkce kontrola míst . . . . .                    | 29        |
| 6.1.5    | UART prerušení . . . . .                          | 30        |
| 6.1.6    | Kontrola komunikace . . . . .                     | 31        |
| 6.2      | Program pro PLC a grafický displej . . . . .      | 32        |
| 6.2.1    | PLC program . . . . .                             | 32        |
| 6.2.2    | Grafický dotykový displej . . . . .               | 33        |
| <b>7</b> | <b>Výsledek</b>                                   | <b>35</b> |
| 7.1      | Model . . . . .                                   | 35        |
| 7.2      | Grafický displej . . . . .                        | 36        |
|          | <b>Závěr</b>                                      | <b>38</b> |
|          | <b>Seznam použité literatury</b>                  | <b>39</b> |
| <b>A</b> | <b>Obsah na CD</b>                                | <b>40</b> |
| <b>B</b> | <b>Seznam součástí</b>                            | <b>41</b> |
| <b>C</b> | <b>Schéma mikrořadiče</b>                         | <b>42</b> |
| <b>D</b> | <b>Schéma zdroje a RS485</b>                      | <b>43</b> |
| <b>E</b> | <b>Schéma displeje</b>                            | <b>44</b> |
| <b>F</b> | <b>Schéma senzoru</b>                             | <b>45</b> |

## Seznam obrázků

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.1 | Návrh . . . . .  | 13 |
| 1.2 | Návrh zapojení elektroniky modelu . . . . .                  | 14 |
| 2.1 | Vývojové prostředí MPLAB X IDE . . . . .                     | 16 |
| 2.2 | Schéma zapojení programátoru . . . . .                       | 16 |
| 3.1 | Mitsubishi FX5U . . . . .                                    | 17 |
| 3.2 | Mitsubishi GOT GS2107 . . . . .                              | 18 |
| 4.1 | Schéma zapojení mikrořadiče PIC32 . . . . .                  | 19 |
| 4.2 | Schéma zapojení mikrořadiče PIC32 . . . . .                  | 20 |
| 4.3 | Schéma zapojení mikrořadiče PIC32 . . . . .                  | 21 |
| 4.4 | Schéma zapojení informačního displeje . . . . .              | 21 |
| 4.5 | Schéma zapojení senzoru . . . . .                            | 22 |
| 4.6 | Schéma zapojení zdroje . . . . .                             | 23 |
| 4.7 | Schéma zapojení RS485 . . . . .                              | 23 |
| 5.1 | RS485 sběrnice . . . . .                                     | 24 |
| 5.2 | Tvar paketů . . . . .  | 25 |
| 6.1 | Návrh programu pro grafický displej . . . . .                | 34 |
| 7.1 | Model . . . . .  | 35 |
| 7.2 | Model s obsazenými místy . . . . .                           | 36 |
| 7.3 | Operátorský panel při úplně neobsazeném parkovišti . . . . . | 36 |
| 7.4 | Operátorský panel při plném parkovišti . . . . .             | 37 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 7.5 | Operátorský panel při obsazeném parkovišti . . . . . | 37 |
|-----|--|----|

## Seznam zkratek

|            |   |
|------------|---|
| <b>TUL</b> | Technická univerzita v Liberci  |
| <b>FM</b>  | Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií Technické univerzity v Liberci |
| <b>IR</b>  | Infračervený (senzor)   |
| <b>PLC</b> | Programovatelný logický automat   |
| <b>I2C</b> | INter-integrated circuit, sběrnice  |
| <b>ST</b>  | Structured text, Strukturovaný text   |



## Úvod

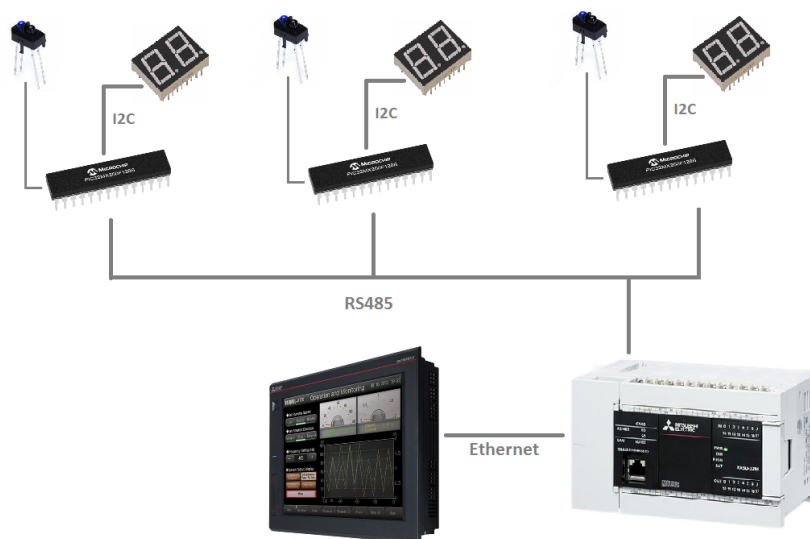
Cílem této bakalářské práce je vytvoření funkčního fyzického modelu parkovacího domu s inteligentním parkovacím systémem. Tento systém bude v reálném čase zobrazovat počet volných míst v jednotlivých sekcích parkoviště. Parkoviště bude rozděleno do sekcí, a každá sekce bude mít vlastní senzorickou síť, a informativní panel s počtem volných míst v aktuální sekci.

Senzorická síť bude obsahovat reflexní optické senzory. V každé sekci bude mikrořadič, který vyhodnotí data ze senzorů a zobrazí počet volných míst na informativním panelu. Kvůli větší spolehlivosti a dalších možných rozšiřujících aplikací je ke sběru dat z mikrořadičů použito PLC. PLC a mikrořadiče jsou připojené na sběrnici. PLC nashromážděná data vyhodnotí a následně je zobrazí na operátorském panelu.

V této práci popíšu návrh zapojení jednotlivých částí parkoviště a softwaru pro mikrořadič a PLC, a to všechno včetně celkového sestavení modelu parkoviště.

# 1 Návrh modelu parkoviště

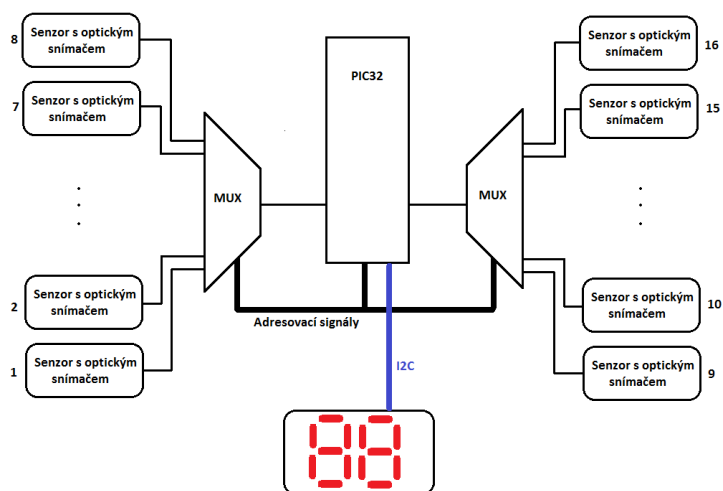
Jako sběrnici jsem zvolil RS485, na ni jsou připojené mikrořadiče PIC32MX340F128B a hlavní řídicí jednotka PLC Mitsubishi FX5U. Ke každému mikrořadiči je připojeno šestnáct optických senzorů TRCT5000, které ovládá přes dekodér a multiplexorem shromažďuje data. Po sběrnici I2C je k mikrořadiči připojen dvojmístný sedmi segmentový displej, ukazující počet volných míst. PLC si s danou periodou vyžádá o každého mikrořadiče počet volných míst. Na obrázku 1.1 je vidět návrh propojení celého modelu.



Obrázek 1.1: Návrh

## 1.1 Návrh zapojení elektroniky pro model

Zapojení pro model parkoviště se skládá z mikrořadiče PIC32. K mikrořadiči jsou připojené multiplexory, které přepínají mezi 16 optickými senzory a předávají data od sensorů do mikrořadiče. Přes sběrnici I2C je propojen mikrořadič a IO expander, který umožňuje ovládat sedmi-segmentový displej přes sběrnici I2C, tato možnost propojení je pro snížení počtu přivedených vodičů k displeji.



Obrázek 1.2: Návrh zapojení elektroniky modelu

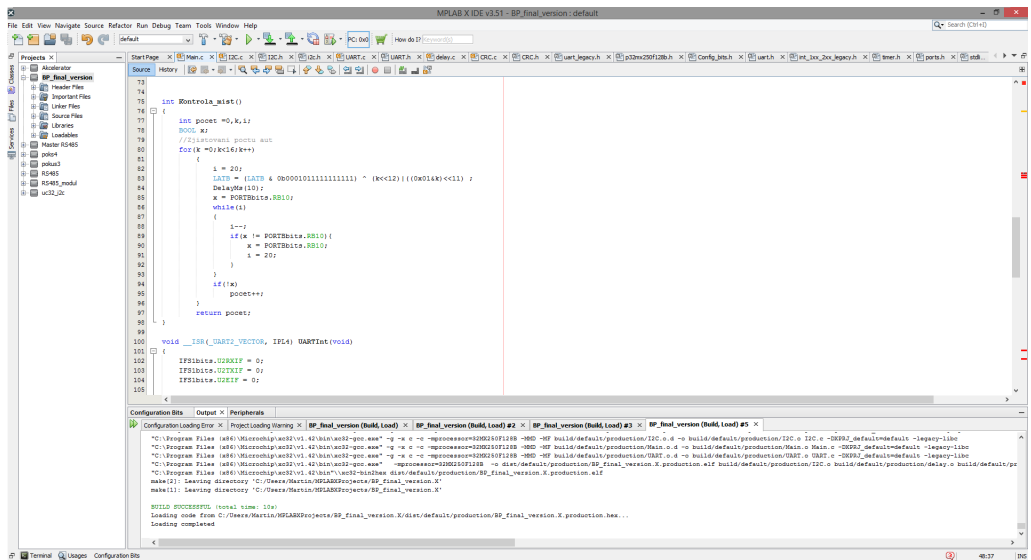
## 2 Mikrořadič PIC32

Součástí práce je 32-bitový mikrořadič PIC32MX250F128B od firmy Microchip. Jádrem tohoto mikrořadiče je MIPS32 M4K s architekturou RISC. Tento mikrořadič má tyto parametry:

|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| Maximální CPU frekvence  | 50MHz         |
| Paměť pro program        | 128 kB        |
| SRAM                     | 32 kB         |
| Pomocná Flash            | 3kB           |
| Rozsah provozního napětí | 2,3 - 3,6 V   |
| DMA kanály               | 4             |
| SPI                      | 2             |
| I2C                      | 2             |
| UART                     | 2             |
| 16-bitový Timer          | 5             |
| komparátory              | 3             |
| vnitřní oscilátor        | 8 MHz, 32 KHz |
| I/O pinů                 | 21            |
| pinů celkem              | 28            |

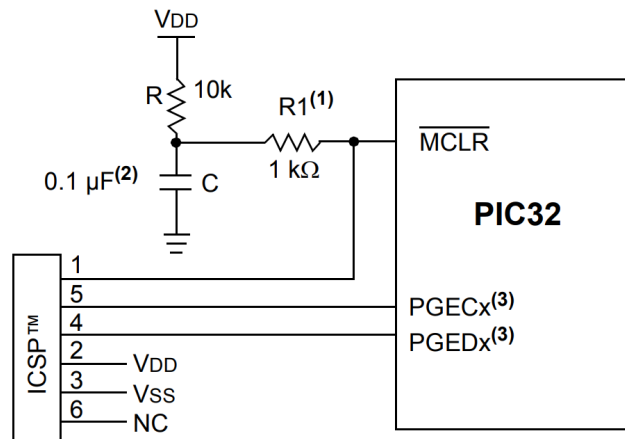
### 2.1 Prostředí pro programování mikrořadiče

K programování mikrořadiče je využito vývojového prostředí od Microchipu MPLAB X IDE, toto prostředí je k dispozici na stránkách Microchipu. Pro programování v tomto prostředí je možno využít jazyk C.



Obrázek 2.1: Vývojové prostředí MPLAB X IDE

Pro programování mikrořadiče musí být použit programátor, v mém případě se jedná o chipKIT programmer. Programátor je připojený na piny PGED a PGEC, lze vybrat ze tří.



Obrázek 2.2: Schéma zapojení programátoru

## 3 Programovatelný logický automat

V této práci je použito PLC FX5U od firmy Mitsubishi z řady MELSEC iQ-F. Je to kompaktní model obsahující sběrnice RS485 a Ethernet, analogové I/O, slot pro SD kartu, řízení polohy a je možno ho rozšířit o přídatné moduly. Jelikož má integrovaný napájecí zdroj, je napájen přímo ze sítě. Má integrované vstupy a výstup každý po 16 portech. Typ výstupů je tranzistorový. Programuje se v prostředí GX Works3, tak též od firmy Mitsubishi, v jazycích ST, LD nebo FBD.



Obrázek 3.1: Mitsubishi FX5U

### 3.1 Operátorský panel GOT GS2107

K PLC je přes sběrnici Ethernet připojen dotykový grafický displej GOT GS2107. Tento displej má uhlopříčku 7“ s rozlišením 800x400 pixelů. Napájen je přímo z PLC, tedy 24V.



Obrázek 3.2: Mitsubishi GOT GS2107

## 3.2 Nastavení komunikace PLC s displejem a PC

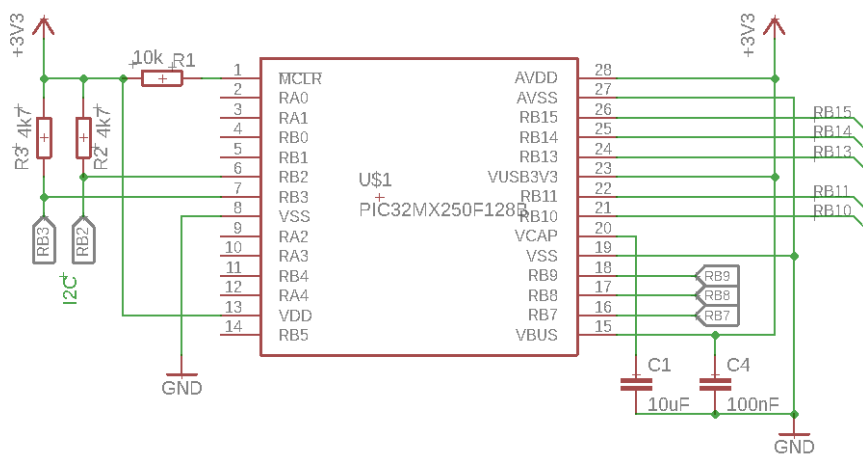
Pro používání PLC je nutné ho nastavit. Propojení mezi PLC a grafickým displejem je použita sběrnice Ethernet, v této kombinaci je displej jako master, proto se k němu přes rozhraní USB připojí počítač, kterým se následně může programovat jak displej tak samotné PLC. Přes PC pak definujeme jednotlivé IP adresy pro displej a PLC. Ke správnému programování je nutné vybrat správný model PLC a displeje.

## 4 Senzorická síť

Senzorická síť je složena z více částí. Jedná se o zapojení mikrořadiče, informačního displeje, senzoru a napájení, každá z těchto částí je popsána v následujících stránkách.

### 4.1 Zapojení mikrořadiče PIC32

Hlavní částí sensorické sítě je mikrořadič PIC32MX250F128B. Schéma zapojení obsahuje pull-up rezistor R1 připojený k resetovacímu pinu MCLR. Pull-up odpory R2 a R3 složí k připojení na sběrnici I2C. K procesoru jsou připojené dva kondenzátory, kondenzátor C1 je dán katalogem a má mít hodnotu 10 $\mu$ F. Kondenzátor C4 je blokovací kondenzátor. Jelikož je používán vnitřní oscilátor není potřeba připojit vnější oscilátor s krystalem.

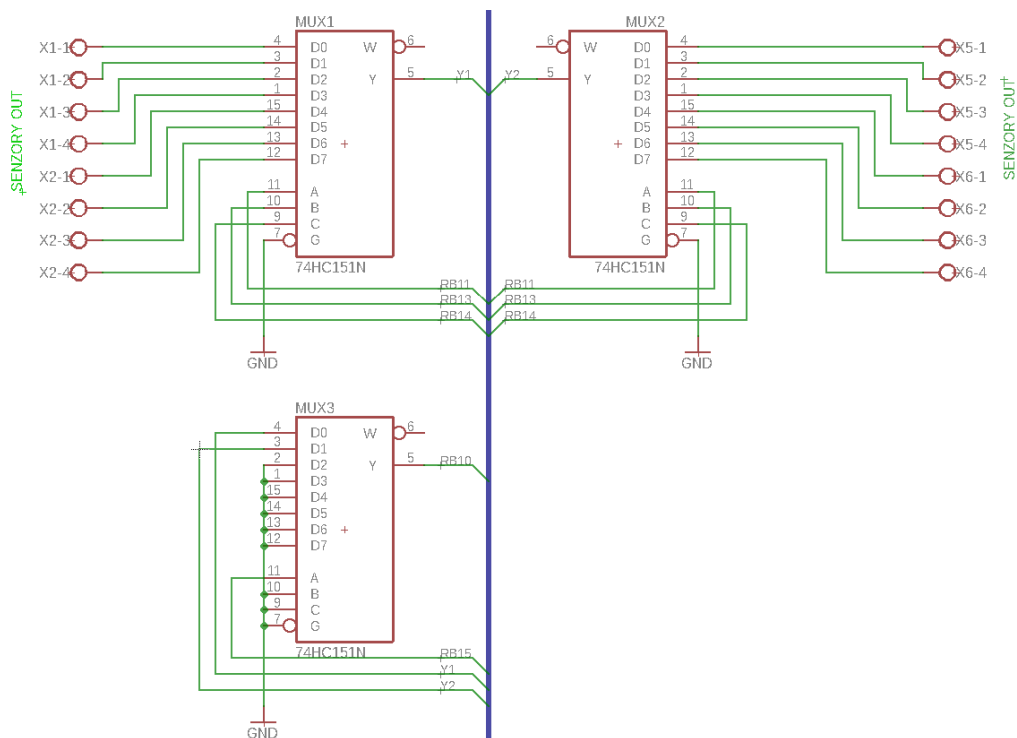


Obrázek 4.1: Schéma zapojení mikrořadiče PIC32



## 4.1.1 Multiplexor

Kvůli většímu počtu senzoru jsou k mikrořadiči připojené multiplexory, které vybírají mezi jednotlivými senzory, z kterého bude mikrořadič číst informaci. Jedná se o typ 74HC151N digitální multiplexory. První dva multiplexory jsou připojeny přímo k sensorům, jejich adresovací piny jsou připojeny k mikrořadiči na piny RB11, RB13 a RB14. Jejich výstupy jsou připojeny do třetího multiplexoru, který má k mikrořadiči připojen pouze jeden pin a to pin RB15.

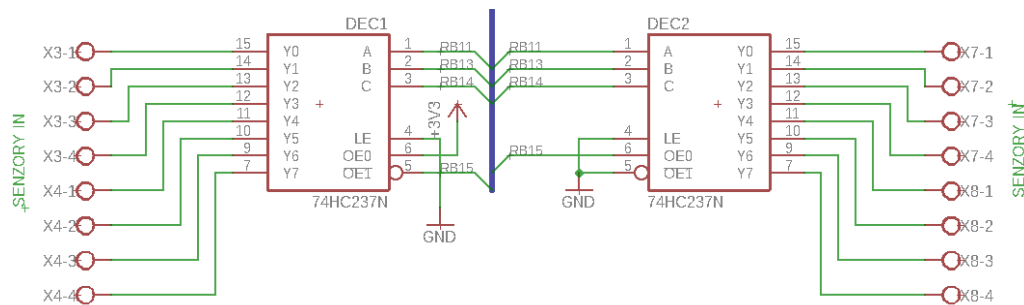


Obrázek 4.2: Schéma zapojení mikrořadiče PIC32

## 4.1.2 Dekodér

Dalším obvodem pro komunikaci se senzory je dekodér. Jedná se o typ 74HC237N, tento typ má při určité vstupní adrese má vždy pouze jeden výstup v logické jedničce. Dekodéry slouží k tomu, aby vždy byl používán pouze jeden senzor, což samozřejmě sníží i spotřebu celého systému. Jejich select piny jsou připojeny k mikrořadiči stejně jako adresovací piny u multiplexorů, takže to jsou piny RB11, RB13 a RB14. Na pin

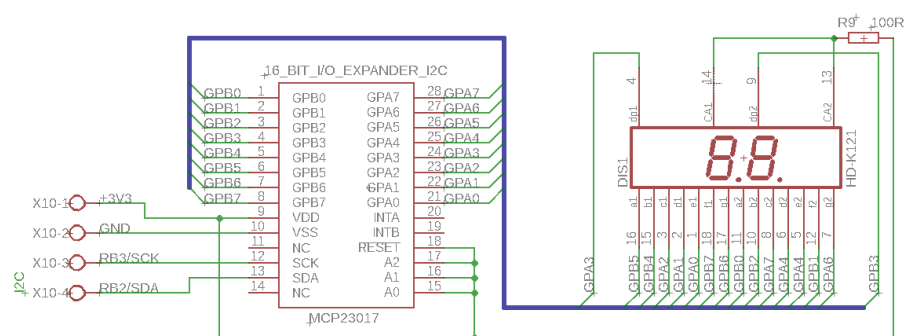
RB15 je u jednoho dekodéru připojen pin OE (Output enable) a u druhého to je negovaný pin OE.



Obrázek 4.3: Schéma zapojení mikrořadiče PIC32

## 4.2 Informační displej

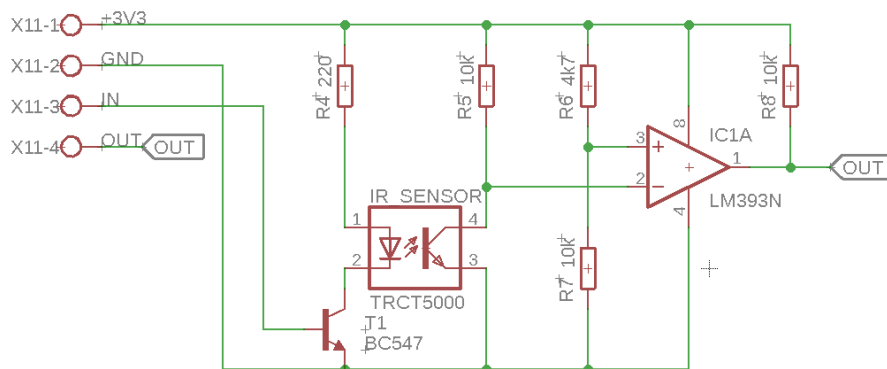
Jako informační panel jsem použil dvojmístný sedmi-segmentový displej. Jelikož mikrořadič nemá tolik pinů, a je jednodušší pro připojení použít jen dva vodiče, proto jsem použil 16 bitový I/O expander komunikující přes sběrnici I2C. K tomuto informačnímu panelu vedou pouze čtyři vodiče a to dva pro napájení a dva pro komunikaci s mikrořadičem přes sběrnici I2C. Expander se nastavuje softwarově z mikrořadiče a to jestli porty budou vstupy nebo výstupy, ale i zápis a čtení na jednotlivých portech.



Obrázek 4.4: Schéma zapojení informačního displeje

## 4.3 Zapojení optického IR senzor

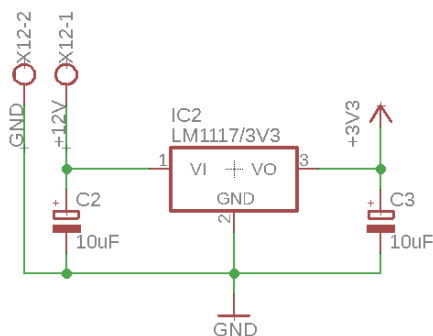
Senzor pro detekci aut je tvořen z reflexního optického infračerveného TRCT5000 a komparátoru pro vytvoření digitálního výstupu. Vstupem do senzoru je jeden ze signálů z dekodéru, tento signál otevře tranzistor a to umožní, aby Infračervená dioda mohla vyzařovat. Když bude nad senzorem nějaký předmět, záření se od něho odrazí a otevře fototranzistor. Komparátor rozhoduje, zda míra otevření tranzistoru je dostačující pro předmět ve vzdálenosti zhruba dvou centimetrů, jestli je předmět blíže nežli dva centimetry výstup komparátoru se nastaví do logické 0, a když ne, tak na výstupu bude logická 1. Výstup z celého senzoru vede do multiplexoru a z něho do mikrořadiče.



Obrázek 4.5: Schéma zapojení senzoru

## 4.4 Obvod pro napájení

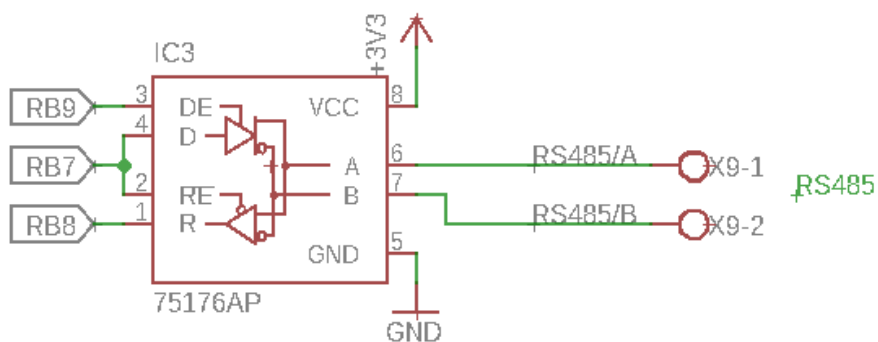
Celý systém je napájen stejnosměrným napětím v rozsahu 15V až 6V. Každý mikrořadič má svůj stabilizátor napětí LM1117/3V3.



Obrázek 4.6: Schéma zapojení zdroje

## 4.5 Obvod pro komunikaci se sběrní RS485

K připojení ke sběrnici RS485 a převodu na sériovou komunikaci UART slouží obvod SN75176AP. Piny RB8 a RB9 slouží k přivedení signálu sériové komunikace UART do mikrořadiče. Jelikož sběrnice RS485 nemá řídicí signály pro provoz komunikace na lince, musí se pinem RB7 nastavit jestli obvod bude přijímat nebo vysílat.

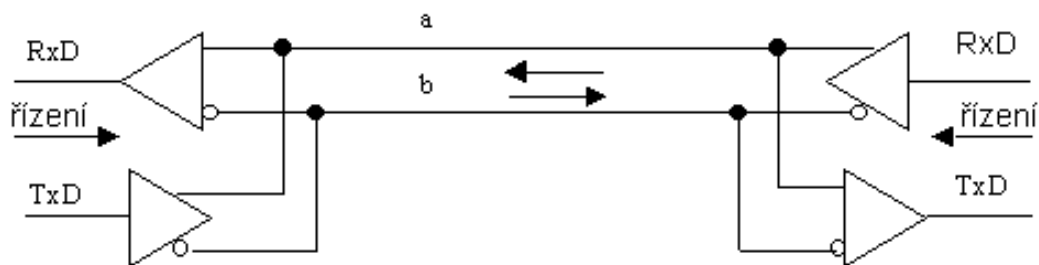


Obrázek 4.7: Schéma zapojení RS485

## 5 Komunikační rozhraní

Ke komunikaci mezi PLC a mikrořadiči PIC32 byla zvolena sběrnice RS485. Jedná se o dvou vodičové vedení s poloduplexním přenosem.

Principem sběrnice RS485 je přenos datových signálů pomocí dvou vodičů a vyhodnocení rozdílu potenciálu. Tento princip má větší odolnost proti rušení, pro ještě větší odolnost se používá kroucená dvojlinka. To umožňuje vyšší přenosové rychlosti na větší vzdálenosti. Každé zařízení připojené na sběrnici je nutné připojit na společnou zem. Při větších vzdálenostech se používají na konci sběrnice terminátory.



Obrázek 5.1: RS485 sběrnice

### 5.1 Komunikační protokol pro sběrnici RS485

Ke komunikaci na sběrnici je nutné nadefinovat komunikační protokol, který bude ovládat chod na sběrnici a zamezí kolizím mezi daty. Tento protokol obsahu-

je algoritmus pro kontrolu paketů, když bude paket poškozen tak ho protokol zahodí.



Obrázek 5.2: Tvar paketů

Celý systém je postaven na komunikaci master-slave kde PLC vyžaduje od mikrořadičů údaj o počtu volných míst. Komunikace probíhá pomocí paketů, které mají specifikovaný tvar. Obsahuje 8 bitovou adresu, kde adresu 0 má PLC jako master a pro další zařízení je k dispozici rozsah adresy od 1 do 255. Dále je to kód funkce nebo data záleží, zda vysílá master nebo slave. Na konec se ke každému odeslanému paketu přidá kontrolní 16 bitová hodnota CRC. Pro výpočet CRC je používán polynom 0x8005.

## 6 Program

V této části práce je popsán program pro PIC32 tak i pro PLC. Program je popisován po částech pro jednotlivé funkce ovládaných zařízení.

### 6.1 Program pro PIC32

Programovacím jazykem pro mikrořadič je jazyk C. Pro programování mikrořadiče je využito vývojové prostředí MPLAB X IDE v.3.40 od společnosti Microchip a kompilátor XC32.

#### 6.1.1 Nastavení mikrořadiče a jeho frekvence

Pro nastavení mikrořadiče se využívají direktivy `#pragma`. Pro zjednodušení zapojení je využít vnitřní 8MHz RC oscilátor, označený jako FRC. Z tohoto důvodu není nutno připojit externí oscilátor. Pro nastavení výsledné taktovací frekvence mikrořadiče lze využít systému PLL, který obsahuje dvě děličky a násobičku. Nastavení děliček je 2 a 4 a násobičky 20, potom výsledná frekvence je 20MHz.

```
// DEVCFG3
#pragma config FUSBIDIO = OFF
#pragma config FVBUSONIO = OFF
// DEVCFG2
#pragma config FPLLIDIV = DIV_2
#pragma config FPLLMUL = MUL_20
```

```

#pragma config FPLLODIV = DIV_4
#pragma config UPLEN = OFF
// DEVCFG1
#pragma config FNOSC = FRCPLL
#pragma config FSOSCEN = OFF
#pragma config POSCMOD = OFF
#pragma config FPBDIV = DIV_1
#pragma config FCKSM = CSECME
#pragma config WINDIS = OFF
#pragma config FWDIEN = OFF
// DEVCFG0
#pragma config JTAGEN = OFF
#pragma config ICESEL = ICS_PGx1
#pragma config PWP = OFF
#pragma config BWP = OFF
#pragma config CP = OFF

```

## 6.1.2 Inicializace funkcí a proměných

Jako první po spuštění programu v `main()` se vyvolají funkce, které nastavují komunikace pro UART a I2C.

- Funkce `UART_Init()` nastavuje parametry komunikace UART. Tato komunikace se používá ke komunikaci se sběrnici RS485 přes obvod SN75176AP. V mikrořadiči se musí nastavit, které piny budou obsluhovat tuto komunikaci, to nastavuje registr PPS. Po tomto nastavení se piny RB8 a RB9 přiřadí k UART2.

```

CFGCONbits.IOLOCK = 0;
CFGCONbits.PMDLOCK = 0;
U2RXR = 0b0100;      // U2RX - RPB8
RPB9R = 0b0010;     // U2TX - RPB9
CFGCONbits.IOLOCK = 1;

```



```
CFGCONbits.PMDLOCK = 1;
```

Poté dochází k samotnému nastavení parametrů komunikace. Následuje nastavení vyvolání přerušení při přijetí dat.

- Další funkcí pro inicializaci je sběrnice I2C a to funkcí I2C\_Init(), ta nastaví piny RB2 a RB3 pro připojení sběrnice I2C. Dále se nakonfiguruje frekvence, na které bude sběrnice fungovat. Poté když je I2C nastaveno, tak se nastaví IO expander MCP23017, kde se jeho piny nastaví na výstupní piny.

```
void I2C_Init () {
    ANSELBbits.ANSB2 =0;
    ANSELBbits.ANSB3 =0;
    TRISBbits.TRISB2 = 0;
    TRISBbits.TRISB3 = 0;
    LATBbits.LATB2 =0;
    LATBbits.LATB3 =0;

    I2CConfigure(I2C2); //aktivuje I2C2
    I2CSetFrequency(I2C2, 20000000, 400000);
        //nastavi frekvenci I2C na 400 kHz
    I2CEnable( I2C2, TRUE );
    /*
     * Konfigurace MCP23017 nastaveni pinu na vystupu
     * a zobrazen pomlcek
     */
    Write_2_Bytes(0x4E,0x00,0x0000);
    DelayMs(1);
    Write_2_Bytes(0x4E,0x12,0xBFBF);
}
```

- Po nastavení komunikačních periférií se dále nastavují vstupy a výstupy funkcemi PORTSetPinsDigitalOut(IoPortId portId, unsigned int outputs) a PORTSetPinsDigitalIn(IoPortId portId, unsigned int inputs) a následné nastavení jejich počátečních hodnot. A nakonec deklarace proměnných, které se v programu využívají.

### 6.1.3 Hlavní smyčka programu

V hlavní části programu v nekonečné smyčce while probíhá skenování parkovacích míst funkcí `Kontrola_mist()` a uložení počtu míst do proměnné `pocet_volnych_mist`. Následuje kontrola, zda se nejedná jen o krátkodobé zakrytí čidla na parkovacím místě, poté se zobrazí na informačním displeji počet volných míst funkcí `Zapis_cislo(int cislo)`. Zároveň během vykonávání nekonečné smyčky se čeká na přerušení od přijetí data z komunikace UART, které vyvolá funkci `UART2_Int()`.

```
while (1)
{
    pocet_volnych_mist = Kontrola_mist ();
    if (pocet_volnych_mist == min_pocet)
    {
        aktualni_pocet_volnych_mist=pocet_volnych_mist ;
        //Zobrazeni poctu volnych mst na segmentovce
        Zapis_cislo (pocet_volnych_mist );
    }
    min_pocet = pocet_volnych_mist ;

    DelayMs (100);
}
```

### 6.1.4 Funkce kontrola mist

Pro sběr dat ze senzorů slouží funkce `Kontrola_mist()`. Ve funkci je cyklus `for`, ve kterém se nastavují jednotlivé adresy na dekodérech a multiplexorech, což umožní přístup k jednotlivým senzorům. Dále je ošetření různých zákmitů senzoru. Když senzor vysílá, že je v logické 0, tak se inkrementuje počet o 1. Na konci funkce se vrátí hodnota počtu volných míst.

```
int Kontrola_mist ()
{
    int pocet =0,k, i ;
    BOOL x;
    for (k =0;k<16;k++)
    {
        i = 20;
```

```

// Nastaveni adresy na dekoderech a multiplexorech
LATB = (LATB & 0b0001011111111111)
      ^ (k<<12)|((0x01&k)<<11) ;
DelayMs(5);
x = PORTBbits.RB10;
while(i) // Osetreni zakmitu senzoru
{
    i--;
    if(x != PORTBbits.RB10){
        x = PORTBbits.RB10;
        i = 20;
    }
}
if(!x)
    pocet++;
return pocet;
}
}

```

### 6.1.5 UART prerušení

Po vyvolání prerušení `UART2_Int()` se vynulují flagy, které se nastavily. Následně funkcí `ReadUART2()` dojde k přenesení obsahu přijatých dat do pole `data[]`. Poté provede kontrolu přijatých dat pomocí `CRC16`.

```

void __ISR(_UART2_VECTOR, IPL4) UART2_Int(void)
{
    IFS1bits.U2RXIF = 0;
    IFS1bits.U2TXIF = 0;
    IFS1bits.U2EIF = 0;

    if(DataRdyUART2())
    {
        int i;
        for (i = 0; i < 4; i++) {
            data[i]=ReadUART2();
            DelayMs(1);
        }
        kontrola_prijate_komunikace();
    }
}
}

```

## 6.1.6 Kontrola komunikace

Funkcí `Kontrola_prijate_komunikace()` dojde k vyhodnocení přijatých dat. Nejdříve se přijatá data vyhodnotí, zda nejsou poškozena funkcí `crc_16(unsigned char *input_str, size_t num_bytes)`, která provede cyklický redundantní součet, když je výsledek CRC jiný nežli 0 je v přijatých datech chyba a celý paket se zahodí. Když v přijatých datech není chyba tak se dále vyhodnotí jejich obsah, a to dále adresa, zda se shoduje s adresou zařízení, je-li shodná, následuje vyhodnocení kódu funkce. Když se adresy neshodují, tak se paket taktéž zahodí. Je-li kód funkce roven 1, tak se funkcí `odeslani_dat(int data)` odešle do PLC aktuální počet volných míst.

```
void kontrola_prijate_komunikace ()
{
    if(crc_16(data,4) == 0)
    {
        if(data[1] == adresa)
        {
            if(data[0])
                odeslani_dat(aktualni_pocet_volnych_mist);
        }
    }
}
```

## 6.2 Program pro PLC a grafický displej

Pro programování PLC FX5U bylo použito softwaru GX WORKS 3, program je psán ve strukturovaném textu (ST). Program pro grafický dotykový displej je navrhován v GT DESIGNER 3.

### 6.2.1 PLC program

Pro komunikaci se sběrnici RS485 slouží funkce RS2, která umožňuje přijímat a vysílat data. Speciální relé SM400 je vždy nastavené do 1, proto je použito, aby funkce RS2 fungovala neustále. Další speciální relé je SM402, které se nastaví do 1 pouze při prvním cyklu programu, takže slouží pro nastavení počátečních hodnot proměnných.

```
IF SM400 THEN
    RS2(TRUE, send_data [0] , 4 , 4 , 1 , received_data [0] );
END_IF;

IF SM402 THEN
    adr_pic := 1;
    BUSY := FALSE;
END_IF;
```

K vyžádání počtu volných míst od mikrořadičů, je potřeba odeslat po sběrnici definovaný paket. Paket musí obsahovat adresu mikrořadiče, od kterého chceme požadavek splnit a kód funkce pro odeslání počtu volných míst. K paketu se nakonec přidá hodnota CRC16. Pro odeslání paketu z PLC se musí aktivovat registr SM8561.

```
ton1 (IN:= NOT BUSY,PT:= T#0.5s );
rising_edge (clk := ton1.Q);

IF rising_edge.Q THEN
    BUSY := TRUE;
    CASE adr_pic OF
        1: send_data [0] := H0101;
        2: send_data [0] := H0201;
```

```

        3: send_data [ 0 ] := H0301 ;
    END_CASE ;
    CRC(TRUE, send_data [ 0 ] , 2 , send_data [ 1 ] ) ;
    SM8561 := TRUE ;
END_IF ;

```

Registr SM8562 se nastaví do 1, když přijme kompletní data. Po přijetí dat se musí registr SM8562 vynulovat aby bylo možné znovu rozpoznat přijatá data. Následuje kontrola přijatého paketu CRC16. Když se výsledek CRC rovná nule dojde k zapsání na grafický displej počtu volných míst v konkrétním patře. Potom dojde k posunu na další adresu mikrořadiče, od kterého se bude žádat zaslání počtu volných míst.

```

IF SM8562 THEN                                     //prijem dat
    RST(SM8562 , SM8562) ;
    CRC(TRUE, received_data [ 0 ] , 4 , control_received_data ) ;
    IF control_received_data = H0000 THEN
        CASE adr_pic OF
            1: D1 := ROR(received_data [ 0 ] , 8) ;
            2: D2 := ROR(received_data [ 0 ] , 8) ;
            3: D3 := ROR(received_data [ 0 ] , 8) ;

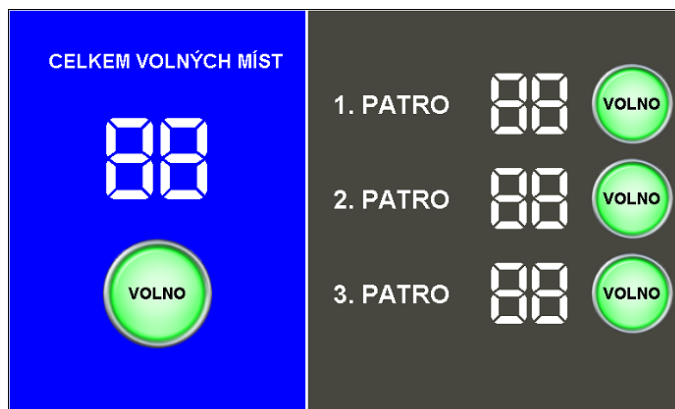
        END_CASE ;
        adr_pic := adr_pic + 1 ;
        IF adr_pic = 4 THEN
            adr_pic := 1 ;
        END_IF ;
        BUSY := FALSE ;
    END_IF ;
END_IF ;

```

## 6.2.2 Grafický dotykový displej

Na grafickém displeji se vlevo zobrazuje celkový počet volných míst na všech patrech. Když je volno alespoň jedno místo tak svítí zelená kontrolka s nápisem VOLNO,

pokud jsou obsazena všechna místa, rozsvítí se červená kontrolka s nápisem PLNO.  
Dále jsou pro každé patro zvlášť zobrazeny jednotlivé počty míst.



Obrázek 6.1: Návrh programu pro grafický displej

## 7 Výsledek

### 7.1 Model

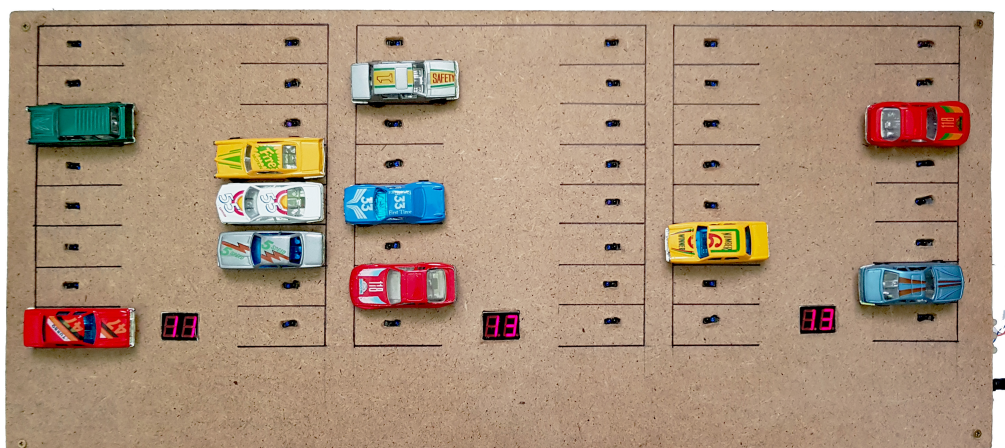
Na konec této bakalářské práce bylo potřeba celý tento systém složit do funkčního fyzického modelu. Velikost modelu je zhruba 40x80 cm. Pro zjednodušení modelu jsou patra uspořádaná vedle sebe. Kde každé patro má šestnáct parkovacích míst, a uprostřed tohoto míst je vždy vyvrtaný otvor pro optický senzor. Dále jsou z tohoto modelu vyvedeny konektory pro napájení a pro připojení sběrnice RS485. Pro připojení modelu k PLC po přes sběrnici RS485 složí pár kroucených vodičů.



Obrázek 7.1: Model

Pokud jsou nějaká místa na parkovišti obsazena, tak se na informačním displeji aktualizuje počet volných míst. A pokud je modelu připojeno PLC přes sběrnici RS485, tak se po vyžádání od PLC se aktualizuje hodnota i na operátorském panelu PLC.





Obrázek 7.2: Model s obsazenými místy

## 7.2 Grafický displej

Na operátorském panelu se při úplně neobsazeném parkovišti se nalevo na displeji zobrazí celkový počet volných míst tedy 48. Napravo jsou zobrazují volná místa na jednotlivých patrech, na každém patře je 16 volných míst. U každého čísla svítí zelená kontrolka s nápisem VOLNO.



Obrázek 7.3: Operátorský panel při úplně neobsazeném parkovišti

Pokud je parkoviště plně obsazené zobrazí se všude u celkového počtu i jednotlivých

pater že je 0 volných míst. Místo zelených kontrolkek s nápisem VOLNO se rozsvítí červené s nápisem PLNO.



Obrázek 7.4: Operátorský panel při plném parkovišti

Při částečně obsazeném parkovišti se vždy zobrazí aktuální počet obsazených míst ať už celkový nebo pro každé patro zvlášť. Pokud je ještě na patře volné místo, tak se svítí zelená kontrolka s nápisem VOLNO, když je dané patro plné, tak se rozsvítí kontrolka červená s nápisem PLNO. Hodnoty se aktualizují na příkaz od PLC mikrořadičům, který pošlou počet volných míst ze svého patra, které obsluhují. Aktualizování hodnot probíhá každých 1,5 vteřiny.



Obrázek 7.5: Operátorský panel při obsazeném parkovišti

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnutí a sestavení fyzického modelu parkoviště s inteligentním parkovacím systémem. Tento systém má vyhodnocovat obsazenost parkovacích míst a dále zobrazování počtu volných míst na informativních panelech. Hlavní řídicí jednotka PLC, která je propojená se systémem přes sběrnici RS485, shromažďuje data, které vyhodnotí a zobrazí na operátorském panelu. Ke komunikaci na sběrnici bylo nutné vytvořit komunikační protokol.

K úspěšnému dokončení práce bylo nutné se seznámit mikrořadičem PIC32MX250F128B a PLC FX5U od firmy Mitsubishi. Bylo nutné nastudovat jejich vlastnosti a pochopit způsob programování v jednotlivých vývojových prostředích. Dále bylo potřeba navrhnout zapojení mikrořadiče a senzorů, u toho návrhu jsem využil svých znalostí z elektroniky.

V této práci bylo hlavní úlohou sestavení funkčního modelu. Model má velikost 70x30 cm a obsahuje tři patra po šestnácti parkovacích místech a každé patro má svůj informační displej, který je vytvořen ze sedmi-segmentového displeje. Pro model jsem navrhl veškerou elektroniku, kterou jsem i následně spájel dohromady. Dalším krokem bylo návrh softwaru pro mikrořadič a PLC.

Tato práce ověřila a prohloubila moje doposud nabitě znalosti oboru programování mikrořadičů a PLC, ať v jazyce C nebo v jazyce ST. Další důležitou kapitolou bylo výběr součástek a návrh zapojení pro model, což dosti podrobně prověřilo mojí znalost elektroniky.

## Literatura

- [1] *AXELSON, Jan. Serial Port Complete.* Second Edition, Lakeview Research LLC Madison, WI 53704, ISBN 978-1931448-07-9
- [2] *MATOUŠEK, David. Aplikace mikrokontrolérů PIC32MX.* BEN - technická literatura, Praha 2014. ISBN 978-807-3005-047
- [3] *DI JASIO, Lucio. Programming 32-bit Microcontrollers in C.* Newnes, 2008. ISBN 978-075-0687-096.
- [4] [PIC32MX250f128B] Microchip Technology Inc. [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC32MX250F128B>
- [5] [PLC Mitsubishi FX5U] Distrelec [online]. [cit. 2018-05-07] Dostupné z: <https://www.distrelec.cz/cs/modul-cpu-ai-16-ro-ao-mitsubishi-electric-fx5u-32mr-ds/p/30091796>
- [6] [GS2107] LC Automation Ltd. [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.lcautomation.com/Store/Product/GS2107-WTBD.aspx>

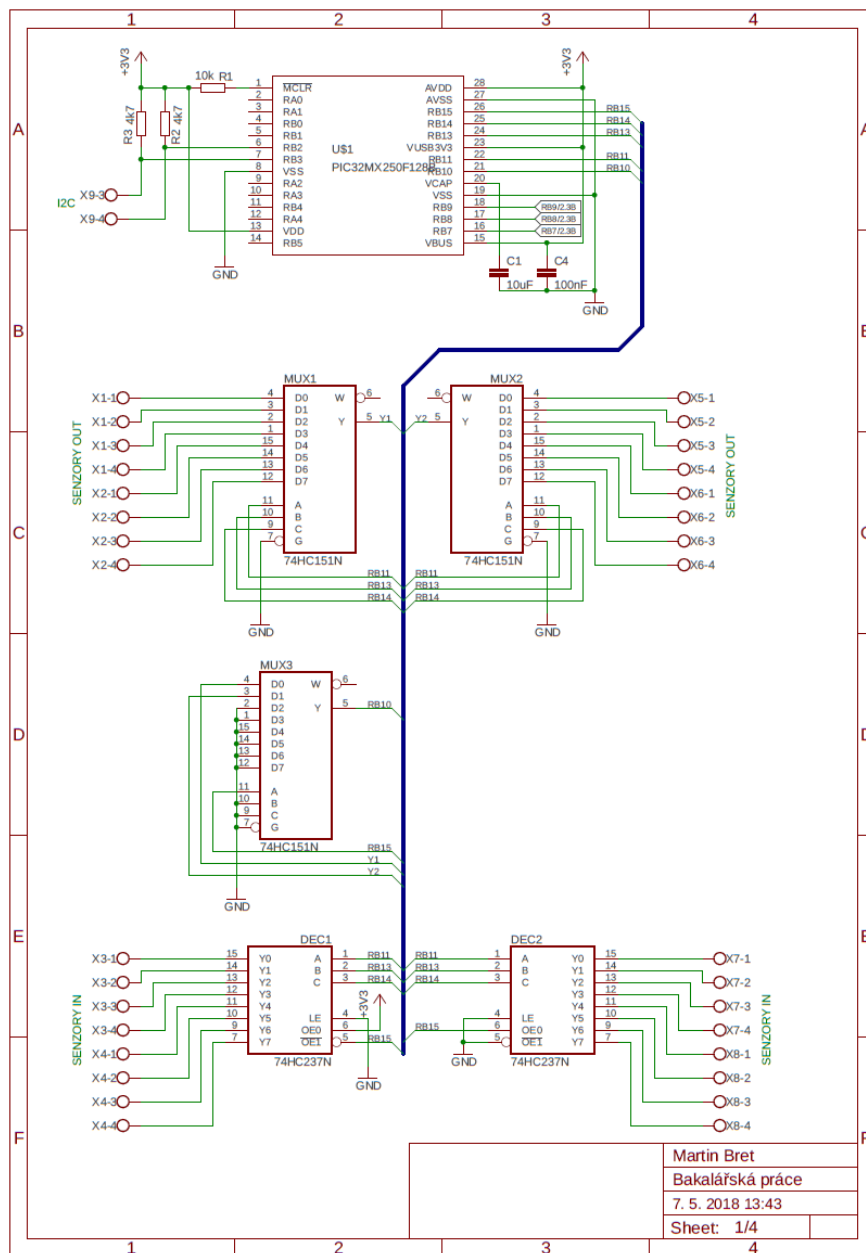
## A Obsah na CD

- Text bakalářské práce
  - Bakalarska\_prace\_2018\_Martin\_Bret.pdf
  - Kopie\_zadani\_bakalarske\_prace\_2018\_Martin\_Bret.pdf
- Zdrojový kód
  - pro mikrořadič (v programovacím jazyce C)
  - pro PLC (v programovacím jazyce ST)
- Katalogy součástek
- Fotografie
  - Got\_plno
  - Got\_volno
  - Got\_run
  - Model
  - Model\_run

## B Seznam součástek

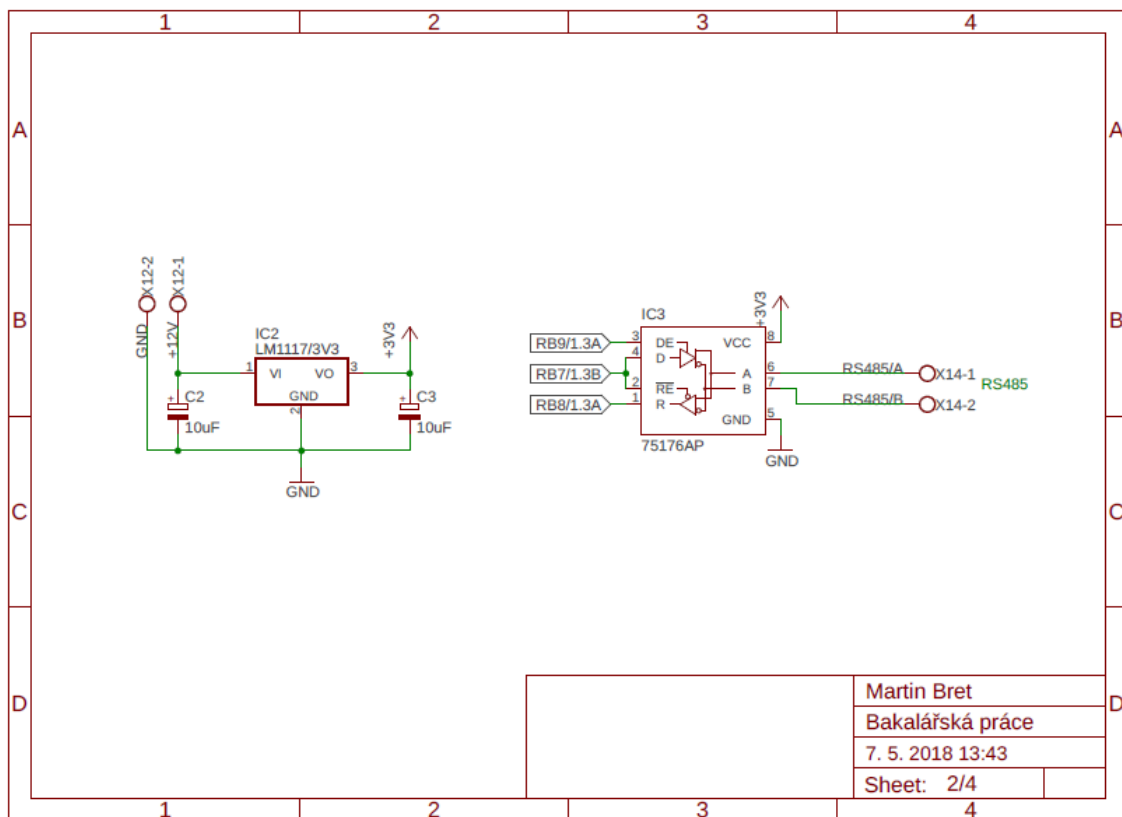
|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Mikrořadič                  | PIC32MX250F128B    |
| Multiplexor                 | SN74HC151          |
| Dekodér                     | CD74HC237          |
| Převodník RS485             | SN75176BP          |
| Stabilizátor napětí 3,3V    | LM1117-3V3         |
| Optický infračervený senzor | TCRT5000           |
| I/O expander                | MCP23017           |
| Komparátor                  | LM393              |
| Tranzistor                  | BC547              |
| Odpory                      | 100, 220, 4k7, 10k |
| Kondenzátory                | 100nF, 10uF        |
| Sedmi-segmentový displej    |                    |

## C Schéma mikrořadiče



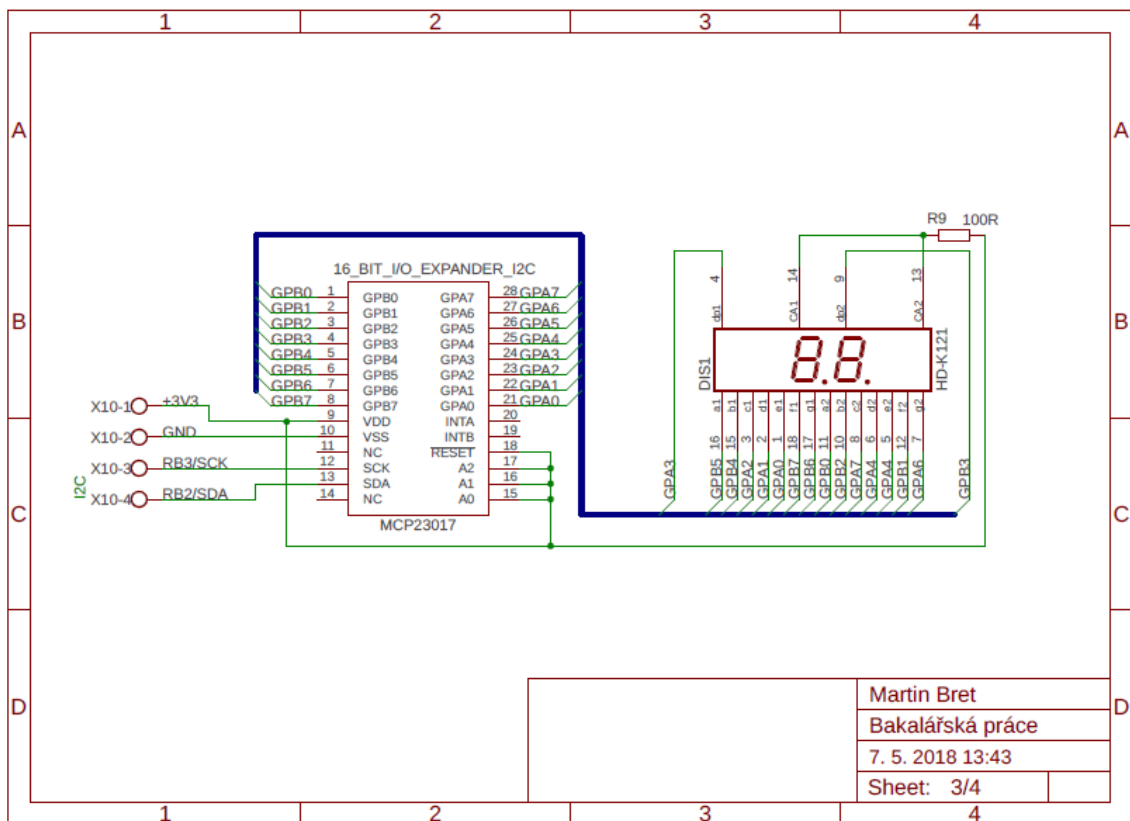
Martin Bret  
 Bakalářská práce  
 7. 5. 2018 13:43  
 Sheet: 1/4

## D Schéma zdroje a RS485





## E Schéma displeje



## F Schéma senzoru

