



Středoškolská technika 2024

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

SMART CITY

Lukáš Jan Bylok, Šimon Pisklák

**Střední průmyslová škola dopravní a.s. - Motol
Plzeňská 298/217a, 155 00 Praha 5 - Motol**

Prohlášení

Nemáme závažné důvody proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne: 10.5. 2024 Lukáš Jan Bylok; Šimon Pisklák

Poděkování

Děkujeme panu Ing. Radkovi Kozakoviči, PhD. za podporu a konzultaci při vývoji našeho výrobku. Dále děkuji svému kamarádovi/spolupracovníkovi Šimonovi Pisklákovi za pomoc při stavbě našeho projektu. Nesmíme také poděkovat Janu Drašnarovi, který asistoval při zapojování a sestavování celého projektu.

Anotace

Tato práce se zabývá využitím Mikrokontroléru Arduino Giga R1 Wi-Fi v řízení městské infrastruktury. Popisuje části, zapojení a princip Arduina Giga R1 Wi-Fi. Zaměřuje se dále na funkce a možnosti tohoto mikrokontroléru. V druhé části se zabývá naší prací s praktickým využitím Mikrokontroléru Arduino Giga R1 Wi-Fi v řízení městské infrastruktury

Klíčová slova

Mikrokontrolér; arduino; veřejné osvětlení; semafor

Annotation

This work focuses on the utilization of the Arduino Giga R1 Wi-Fi microcontroller in managing urban infrastructure. It describes the components, connections, and principles of the Arduino Giga R1 Wi-Fi. Furthermore, it delves into the functions and capabilities of this microcontroller. The second part delves into our work concerning the practical application of the Arduino Giga R1 Wi-Fi microcontroller in urban infrastructure management.

Keywords

microcontroller; arduino; public lighting; traffic light

Obsah

Prohlášení	2
Obsah	5
Úvod	6
1 Teoretická část	6
1.1 Arduino Giga R1 Wi-Fi	7
1.1.1 <i>Arduino Giga R1 Wi-Fi Hardware a piny</i>	7
1.2 Další hardware mikrokontroléru	8
1.3 Mikrokontrolér	8
1.4 LED diody	8
1.5 Moduly reálného času (RTC moduly)	9
2 Praktická část	10
2.1 Základní popis chytrého městečka	10
2.2 Hlavní body práce	10
2.3 Programování chytrého městečka	11
2.3.1 <i>Popis základního programu</i>	11
2.4 Světelná křižovatka	13
2.5 Modul reálného času (RTC)	14
2.5.1 <i>Programování modulu reálného času</i>	14
2.6 Veřejné osvětlení	14
3. Závěr	15
4. Použitá literatura	16
5. Seznam použitých obrázků	17
6. Seznam použitých tabulek	17

Úvod

Infrastrukturu lze definovat jako fyzické systémy podniku, regionu, národa. Často zahrnuje výrobní procesy. Infrastrukturu zahrnují například: dopravní systémy, kanalizace, školní systémy, atd. Setkáváme se s ní skoro na denní bázi – např. dopravní systémy. Každoroční investice do infrastruktury bývají nákladné a náročné, ovšem jsou životně důležité pro hospodářský rozvoj a prosperitu regionu. Projekty se zlepšením infrastruktury mohou být financovány veřejně, soukromě nebo prostřednictvím veřejného a soukromého sektoru.

Všechny tyto infrastruktury musí ale i něco ovládat a tato práce se zabývá převážně mikrokontrolérem Arduino Giga R1 Wi-Fi, jakožto „mozkem“ námi sestrojeného dopravního systému.

Arduino Giga R1 Wi-Fi je takový malý pomocník, který zvládá prakticky cokoli, co si člověk navrhne a sestojí. Umožňuje tím realizaci mnoha nápadů a vytváření věcí s praktickým využitím.

Práce také rozebírá ovládání městské infrastruktury – světelná křižovatka, veřejné osvětlení, atd., podrobně popisuje zapojení jednotlivých komponentů a jejich praktické využití. V neposlední řadě jsou v této práci popsány některé součásti a jejich užití v praxi.

Cílem praktické části práce je pokus o navrhnutí, následné sestavení, naprogramování a zprovoznění našeho chytrého městečka řízeného mikrokontrolérem Arduino Giga R1 Wi-Fi s využitím bezplatných programů.

Jedná se o chytré městečko, které by se mělo chovat podle reality, programované v programovacím jazyku C++ Arduino IDE, osazeno tištěnými součástmi na 3D tiskárně Creality Ender 3 – Neo, automaticky stmívatelným veřejným osvětlením na světelný senzor.



1: 3D tiskárna Creality Ender 3 Neo

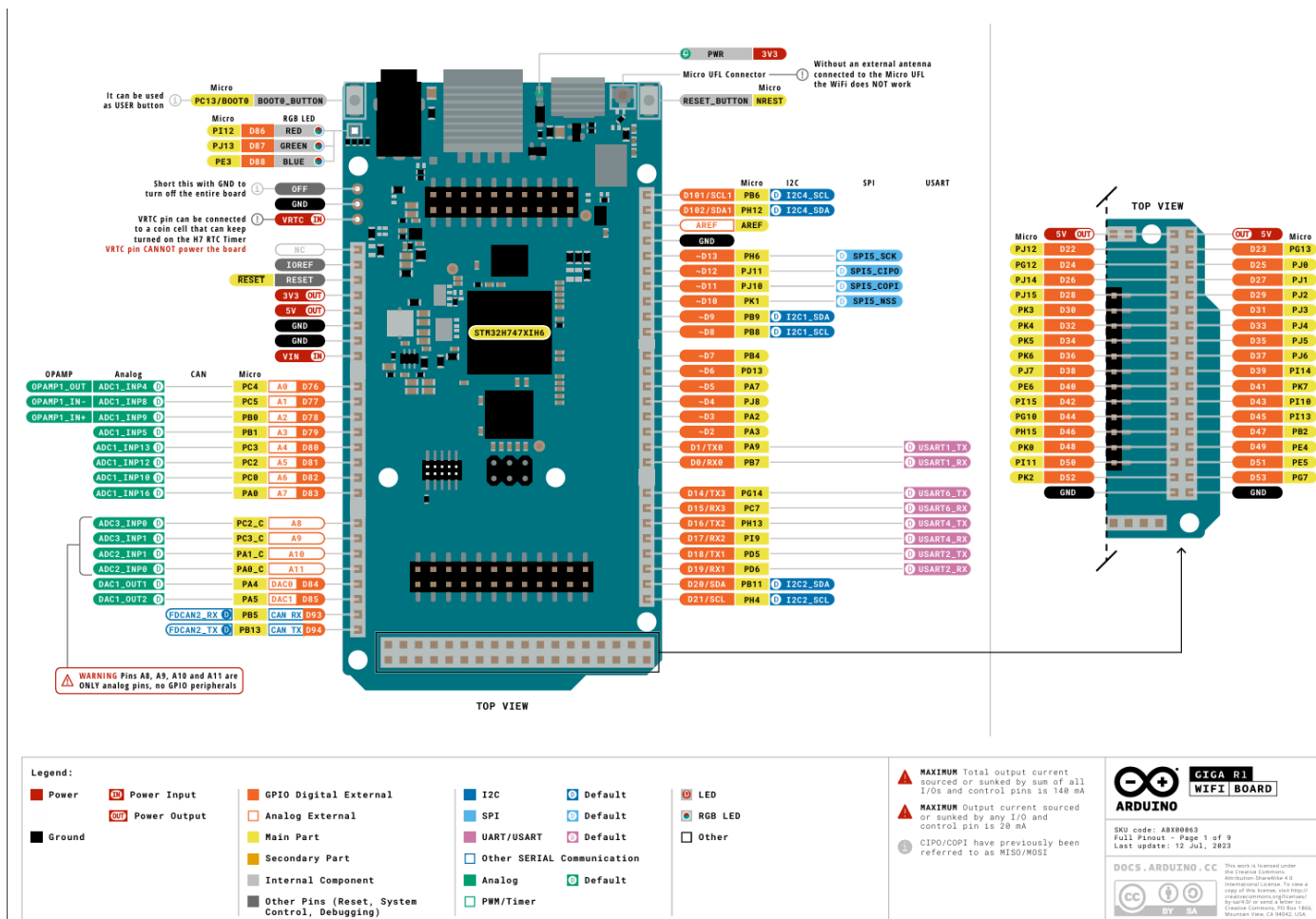
1 Teoretická část

1.1 Arduino Giga R1 Wi-Fi

Arduino Giga R1 Wi-Fi je jednou z novinek firmy Arduino pro rok 2023. Jedná se o jednu z nejvýkonnějších desek, která kdy byla od tohoto výrobce navržena. Otevírá několik možností ve světě robotiky, hudby, digitální tvorby a všech projektů zahrnující stroje, rozhraní a zpracování v reálném čase. Obsahuje dva procesory: Cortex®-M7 a Cortex®-M4. Díky těmto dvěma procesorům je možné spustit až dva programy Arduino současně.

1.1.1 Arduino Giga R1 Wi-Fi Hardware a piny

- 12x PWM pin
- 4x sériový port
- 3x i2C port
- 1x port USB – A
- 1x 3,5 mm jack
- 14x analogový pin
- 75x digitální pin



1.2 Další hardware mikrokontroléru

Mikrokontrolér je osazen pamětí SRAM o velikosti 8 MB. Pro připojení desky a její následné programování pak slouží konektor USB – C. Dále je zařízení vybaveno Wi-Fi® a Bluetooth® modulem.

1.3 Mikrokontrolér

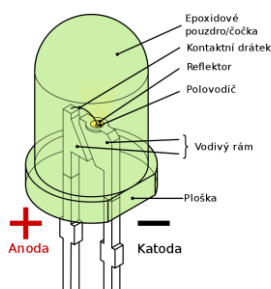
Mikrokontrolér, nebo také MCU, je jednočipový počítač tvořený jednoduchým integrovaným obvodem. Vyznačuje se svou spolehlivostí a kompaktností. Slouží zejména pro software. Může například regulovat či řídit. Existuje v mnoha variantách, od těch nejmenších – např. Arduino Nano, až po ty největší – např. Arduino Giga. Jsou k nim vytvořeny moduly, přes které lze tato zařízení rozšiřovat o další funkce. Pracují nezávisle na jiných aplikacích. Jejich využití lze například nalézt v klimatizaci, televizi nebo v moderních autech. Mikrokontroléry přijmou informaci, zpracují ji a přesně vypracují námi požadovaný výstup.

Část	Funkce
CPU	Dostává informace a instrukce, podle kterých zpracovává vstupy a výstupy
RAM a ROM	Paměťový prostor pro ukládání a vykonávání instrukcí.
Paralelní I/O obvody	Připojení k vstupním a výstupním perifériím jako např. LED, motory a senzory. Existují dva typy vstupních a výstupních signálů: analogové a digitální.
Časový obvod	Používá se k úpravě časování vnitřního obvodu mikrokontroléru.
Časový krystal	Vytváří konstantní frekvenci jako referenci pro časový obvod.
Zdroj	Přivádí napětí do mikrokontroléru.

Tabulka 1: Popis částí mikrokontroléru a jejich funkce

1.4 LED diody

Slovo LED pochází z anglického slova Light – Emitting Diode, česky elektroluminiscenční dioda. Na rozdíl od klasické diody se liší tím, že vyzařuje světlo, případně ultrafialové či infračervené záření. Vyrábějí se v několika barvách. Setkáme se s nimi skoro všude, ať už v domácnostech, kde jsou nejčastěji umístěny v zářivkách, nebo třeba ve starších radiích (typicky značka TESLA), kde signalizují např. hlasitost zvuku. Dále se například nacházejí OLED displejích, které vznikají díky kombinaci základních barev LED (červená, zelená, modrá). Vyzařování světla zajišťují monokrystaly, které bývají překryté vrchlíky z epoxidové pryskyřice nebo akrylového polyesteru. Oproti jiným elektrickým zdrojům světla mají tu výhodu, že pracují s poměrně malými hodnotami proudu a napětí.



3: Stručný popis LED diody

1.5 Moduly reálného času (RTC moduly)

Slovo RTC pochází z anglického slova Real – Time – Clock, česky hodiny reálného času. Jedná se o modul hodin s integrovaným obvodem, který se obvykle nachází v moderních počítačích, serverech nebo vestavěných systémech. Modul RTC má pouze jeden účel – měření času. Toto malé zařízení je schopné počítat sekundy, minuty, hodiny a roky. Tento integrovaný obvod pracuje na jiném zdroji energie, než který napájí jeho systém. Díky tomu může RTC modul pracovat stále i při výpadku napájení. Jeho starší verze obsahovaly lithiové baterie jako alternativní zdroj energie, zatímco jeho novější verze používají superkondenzátory nebo pomocné baterie. S moduly reálného času se např. můžeme setkat v lampičkách s displeji, viz. obrázek níže, kde se vkládá nejčastěji baterie CR2032 jako záložní, což znamená, že po výpadku napájení el. energie si hodiny pamatují poslední čas a není třeba ho pak znovu nastavovat.



4 & 5 : Příklad lampy s modulem reálného času

2 Praktická část

Praktická část naší práce se zabývá námi sestaveným chytrým městečkem s mikrokontrolérem Arduino Giga R1 Wi-Fi. Jedná se tedy o model městečka, který se skládá z dílů vytisknutých na 3D tiskárně, několika modulů a dalších elektronických součástek, které se dají běžně sehnat v obchodě.

2.1 Základní popis chytrého městečka

Jedná se o poloautomatický model chytrého městečka, kde lze nalézt vše, co se ve městě nachází od veřejného osvětlení až po semaforey. Model je osazen mikrokontrolérem Arduino Giga R1 Wi-Fi jakožto jeho řídicí jednotkou a napájením, přes připojenou powerbanku do portu USB-C, osazeného na desce. Hlavní silnice je pak osvětlena čtyřmi lampami veřejného osvětlení. Dále se zde nachází automaticky ovládané řízení provozu přes modely semaforů a dopravní cedule, která poskytuje informace o aktuálním čase a venkovní teplotě.

2.2 Hlavní body práce

Nejdříve bylo potřeba chytré městečko vymyslet. K tomu nejprve stačila pouhá vize, avšak pak bylo potřeba si městečko nakreslit.

Dalším krokem bylo zajištění všech potřebných modelů a podkladů. Nejvíce důležité pak bylo vytvoření schématu zapojení elektroniky.

Pro sehnání dílů pro 3D tiskárnu jsem využil internetové stránky Thingiverse, jedná se o stránku, kde je přes tisíce modelů zdarma ke stažení. Dále pro schéma zapojení bylo použito webové rozhraní Tinkercad a k modelaci podložek pro semaforey desktopová aplikace Fusion 360 od výrobce Autodesk. V těchto zmiňovaných programech bylo třeba se doučit jen několik postupů, převážně prostřednictvím platformy YouTube, protože základní operace s programem už nám byly známy.

2.2.1 Modelace částí

Pro modelaci podložek k semaforům byl použit již zmíněný Autodesk Fusion 360. Nejdříve bylo vše třeba změřit posuvným měřítkem, aby se mohl model podložky realizovat v programu. Model bylo potřeba vymodelovat co nejpřesněji, protože sebemenší chyba by mohla nést riziko nekompatibility se semaforem.

2.2.2 Tisk součástí chytrého městečka

Celkem se každá část chytrého města tiskla 4x. Tisk částí chytrého městečka zabral něco přes 30 hodin. Po vytisknutí všech součástí stačilo vzít pájku a zapojit led diody na místa určená v modelech. Následně bylo použito lepidlo, aby součásti držely pohromadě a zároveň byly plně rozebíratelné v případě poruchy. Největší výhodou 3D tištěných částí je jejich relativně malá váha, která se pohybuje v řádě gramů. "

2.2.3 Schéma zapojení elektroniky

Pro vytvoření schématu postačil jediný software, kterým se stal Tinkercad. Ze znalostí provozu dopravy jsme byli schopni sestavit funkční model křižovatky.

2.3 Programování chytrého městečka

K naprogramování chytrého městečka jsme využili prostředí Arduino IDE, neboli prostředí, ve kterém lze naprogramovat téměř vše, co si člověk navrhne. Při programování v tomto prostředí je používán jazyk C++.

Programovací jazyk C++ patří mezi nejrozšířenější programovací jazyky. Jméno tohoto jazyka je odvozeno od jeho předchůdce společně s „++“, jazyka C. Je téměř přímou nadmnožinou jazyka C. Nicméně od jazyka C má pár odlišností z hlediska funkce. Avšak několik věcí a pravidel zůstalo s předchůdcem stejných.

Arduino IDE je prostředí, které je velice příjemné jak pro začátečníky, tak pokročilé uživatele. Má v sobě několik příkladových kódů, které se ze začátku obzvlášť hodí k pochopení programování a syntaxí tohoto prostředí.

2.3.1 Popis základního programu

K základnímu naprogramování chytrého městečka stačila pouze jedna knihovna, kterou se stala knihovna Liquid_Crystal_I2C. Knihovna Liquid_Crystal_I2C byla využita pro komunikaci displeje s Arduinem prostřednictvím I2C protokolu.

Nejprve bylo třeba definovat použité knihovny:

```
1 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
2 #include <Wire.h>
3 #include "RTClib.h"
4
```

6: Definice použitých knihoven

Poté bylo třeba definovat I2C adresu displeje.

```
2
3 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

7: Definice adresy I2C

Adresa displeje s I2C převodníkem je vždy uvedena výrobcem a je třeba ji vyhledat, například v dokumentaci k displeji. Také je nutné uvést za tímto parametrem, kolik řádků má náš displej a počet zobrazovacích políček. V našem případě se jedná o 2 řádkový displej s 16 zobrazovacími políčky. Poté následuje napsat kód pro to, co chceme zobrazit, v našem případě se jedná o zobrazení aktuálního času a venkovní teploty. Tento modul bylo nutné také naprogramovat, aby mohl zobrazovat námi požadované informace jako je den v týdnu, měsíc, rok a v neposlední řadě také čas. Pro přehlednost programu jsme začali naprogramováním semaforů. Kód k nim vypadá následovně:

```
1 void setup() {
2     // put your setup code here, to initialize variables
3     pinMode(13,OUTPUT);
4     pinMode(12,OUTPUT);
5     pinMode(11,OUTPUT);
6     pinMode(10,OUTPUT);
7     pinMode(9,OUTPUT);
8     pinMode(8,OUTPUT);
9     pinMode(7,OUTPUT);
10    pinMode(6,OUTPUT);
11    pinMode(5,OUTPUT);
12 }
13
14 void loop() {
15     // put your main code here, to loop through your code over and over again
16     digitalWrite(10,HIGH);
17     digitalWrite(7,HIGH);
18     digitalWrite(11,HIGH);
19     delay(8500);
20     digitalWrite(10,LOW);
21     delay(10);
22     digitalWrite(9,HIGH);
23     delay(1000);
24     digitalWrite(9,LOW);
25     delay(10);
26     digitalWrite(8,HIGH);
27     delay(50000);
28     digitalWrite(8,LOW);
29     delay(100);
30     digitalWrite(9,HIGH);
31     delay(1000);
32     digitalWrite(9,LOW);
33     delay(1000);
34     digitalWrite(10,HIGH);
35     digitalWrite(7,HIGH);
36     digitalWrite(11,HIGH);
37     delay(8500);
38     digitalWrite(7,LOW);
39     digitalWrite(11,LOW);
40     delay(10);
41     digitalWrite(6,HIGH);
42     digitalWrite(12,HIGH);
43     delay(1000);
44     digitalWrite(6,LOW);
45     digitalWrite(12,LOW);
46     delay(10);
47     digitalWrite(5,HIGH);
48     digitalWrite(13,HIGH);
49     delay(50000);
50     digitalWrite(5,LOW);
51     digitalWrite(13,LOW);
52     delay(100);
```

8 & 9: Ukázka kódu pro semafor

Pro úplný pořádek je na začátku programu nejdříve deklarace pinů, na kterých jsou připojeny jednotlivé LED diody semaforu:

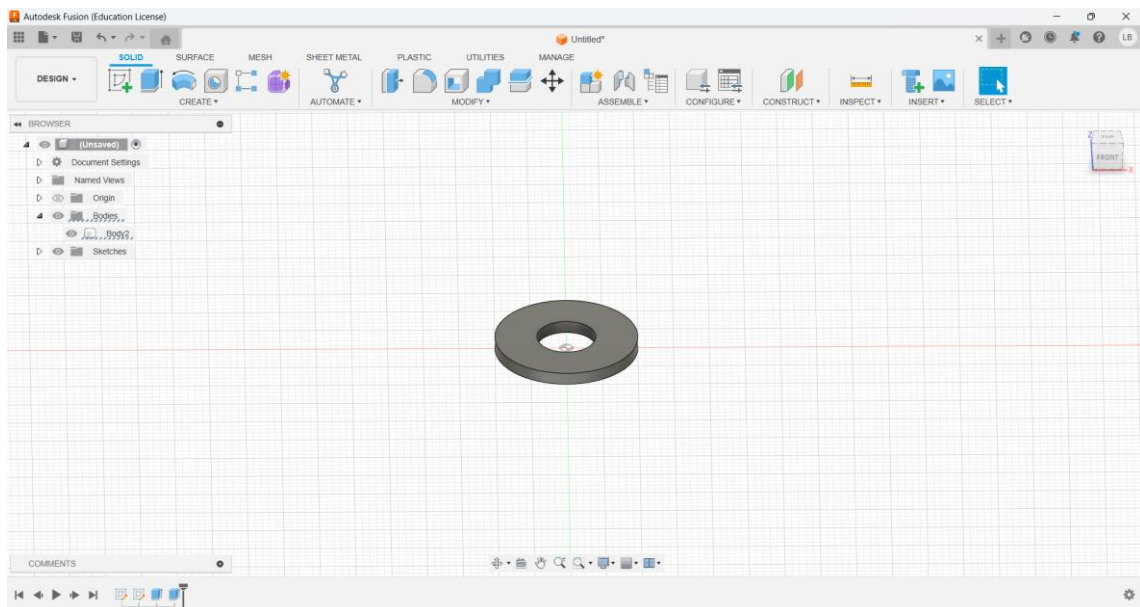
```
1 void setup() {  
2   // put your setup code here, to run once:  
3   pinMode(13,OUTPUT);  
4   pinMode(12,OUTPUT);  
5   pinMode(11,OUTPUT);  
6   pinMode(10,OUTPUT);  
7   pinMode(9,OUTPUT);  
8   pinMode(8,OUTPUT);  
9   pinMode(7,OUTPUT);  
10  pinMode(6,OUTPUT);  
11  pinMode(5,OUTPUT);  
12 }
```

10: Deklarace pinů jednotlivých LED diod

2.4 Světelná křižovatka

Model světelné křižovatky je řešen soustavou celkem tří modelů semaforů, které byly tištěny na 3D tiskárně. Nejdříve bylo potřeba tento model po vytištění kvůli podpěrám u tisku trochu zabrousit pilníkem tak, aby nebyly cítit žádné ostré hrany. Poté se mohlo začít s osazováním elektroniky do každého semaforu. Z každého semaforu je vzhledem k malému průměru otvoru sloupu vyveden pouze jeden společný kostřicí kabel pro všechny diody. Celkový počet diod, které jsou osazeny v každém semaforu pak činí 3 diody na kus.

Poté stačilo v již zmíněném programu Fusion vymodelovat a vytisknout podložku pod semafor, díky které získá větší stabilitu a nebude se bortit. Názorná ukázka, viz. níže.



11: Ukázka modelu podložky pod semafor

2.5 Modul reálného času (RTC)

V našem chytrém městečku se nachází modul reálného času DS3231, jedná se o jeden z cenově dražších modulů. Funkce tohoto modulu spočívá v zobrazování času. Tento modul funguje tak, že při prvním spuštění se v modulu nastaví čas, den, rok, ..., který si tento následně zapamatuje a při výpadku napájení tak nebudou data ztracena a nebude nutné modul nastavovat znovu.

2.5.1 Programování modulu reálného času

Pro programování modulu DS3231 pomocí Arduina Giga R1 Wi-Fi byla použita knihovna RTCLib.h. Na začátku programu je definována adresa LCD displeje, který bude čas zobrazovat. Poté dále v programu v políčku: `rtc.adjust(DateTime(F__DATE__), F(__TIME__))` jsme nastavili námi požadovaný čas, vložili do slotu pro záložní baterii baterii CR2032 a modul připojili k Arduinu a úspěšně otestovali.

2.6 Veřejné osvětlení

Veřejné osvětlení v našem městečku je řešeno soustavou celkem čtyř 3D tištěných modelů lamp. Každá z těchto lamp má v sobě LED diodu o svítivosti 750 mcd, která je připojena přes 220 Ω rezistor přes nepájivé pole do Arduina. Všechny modely jsou zalepeny lepidlem, aby se nerozpadaly, avšak jsou lepeny tak, aby byly v případě poruchy snadno rozebíratelné a opravitelné.



12: Ukázka 3D tištěných modelů veřejného osvětlení

3. Závěr

V úvodu jsme si jako cíl práce nastavili sestavit model chytrého městečka ovládaného mikrokontrolérem Arduino Giga R1 Wi-Fi. Pro tuto úlohu jsme využili 3D tisku na vytištění jednotlivých částí modelu. Výsledkem práce je opravdu pěkné městečko, které má všechny součásti, které město v realitě obsahuje – veřejné osvětlení, světelnou křižovatku, informace pro řidiče prostřednictvím dopravní tabule, atd.

Pro modelaci jednotlivých částí města byl využit program Autodesk Fusion 360, což je sice program placený, avšak nabízí toho z hlediska funkcí více, než bezplatné alternativy. Pro naučení ovládání prostředí tohoto programu jsme využili platformy YouTube, kde lze najít bezpočet návodů pro tento program. Jako slicer pro naši 3D tiskárnu byl zvolen freeware slicer PrusaSlicer, ve kterém lze připravit modely na tisk. Jako prostředí pro naprogramování chytrého městečka bylo využito rozhraní Arduino IDE, které je jak pro začátečníky, tak i pro pokročilé uživatele opravdu příjemné prostředí na programování ve své podstatě čehokoliv. Při vytváření chytrého městečka bylo čerpáno ze zkušeností jak z hodin programování ve škole, tak i z našich předešlých zkušeností s programováním Arduina. Dále bylo čerpáno také ze zdrojů, které jsou uvedeny níže v bibliografii.

Nejdříve bylo městečko osazeno semaforem pro jejich odzkoušení, zda je vše správně zapojené v jejich útrokách, poté bylo instalováno veřejné osvětlení a další části města.

V práci jsme také vysvětlili průběh a chod programování jednotlivých částí města a zmínili i některé knihovny, které byly využity při programování města. Tento model bude určitě v dalších letech ještě zdokonalován, aby se co nejvíce podobal realitě.

4. Použitá literatura

1. ZURAWELL, D. Infrastructure: Definition, Meaning, and Examples. [online]. 2024 [cited 2024-05-12]. Available from <https://www.investopedia.com/terms/i/infrastructure.asp> .
2. Arduino Real Time Clock Module (ZS-042). *EliTheComputerGuy* [online]. 2024 [cited 2024-05-12]. Available from <https://www.elithecomputerguy.com/2020/05/arduino-real-time-clock-module-zs-042/> .
3. GIGA R1 WiFi. *Arduino.cc* [online]. 2023 [cited 2024-05-12]. Available from <https://docs.arduino.cc/hardware/giga-r1-wifi/> .
4. Inter-Integrated Circuit (I2C) Protocol. *Arduino.cc* [online]. 2024 [cited 2024-05-12]. Available from <https://docs.arduino.cc/learn/communication/wire/> .
5. Co je to mikrokontrolér?. *Zonepi blog* [online]. 27.9. 2019 [cited 2024-05-12]. Available from <https://blog.zonepi.cz/maker-uno-ve-vyuce-1-5-co-je-to-mikrokontroler/> .
6. RTC - Module. *WELLPCB* [online]. 2024 [cited 2024-05-12]. Available from <https://www.wellpcb.com/rtc-module.html> .
7. FABIAN, D. Úvod do C++. [online]. 2024 [cited 2024-05-12]. Available from https://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~fabiadav/cecko/poznamky-k-jazyku-c_plus_plus .
8. Arduino RTC DS3231 Time and Date display on a 16×2 LCD. *Electronic Clinic* [Online]. <https://www.electronicclinic.com/arduino-rtc-ds3231-time-and-date-display-on-a-16x2-lcd/>

5. Seznam použitých obrázků

1: 3D tiskárna Creality Ender 3 Neo	6
2: Stručný popis pinů Arduino Giga R1 Wi-Fi.....	7
3: Stručný popis LED diody.....	8
4: Příklad lampy s modulem reálného času 1	9
5: Příklad lampy s modulem reálného času 2.....	9
6: Definice použitých knihoven.....	12
7: Definice adresy I2C.....	12
8: Ukázka kódu pro semaforey 1.....	12
9: Ukázka kódu pro semaforey 2.....	12
10: Deklarace pinů jednotlivých LED diod.....	13
11: Ukázka modelu podložky pod semafor.....	14
12: Ukázka 3D tištěných modelů veřejného osvětlení.....	14

6. Seznam použitých tabulek

1: Popis částí mikrokontroléru a jejich funkce.....	8
---	---

