

System pro vyznačení trasy na lezecké stěně

Jana Tatýrková

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

*** nescannované zadání s. 1 ***

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 16.05. 2022

Jana Tatýrková
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem práce bylo vytvořit univerzální systém pro vyznačení trasy na lezecké stěně pomocí LED diod. Pro realizaci systému byla vybrána platforma Arduino, konkrétně vývojová deska Arduino Mega2506 + Wifi. K té je připojeno 16 LED diod, které svým rozsvícením vyznačí zadanou trasu. Trasu je možno konfigurovat jak pomocí klávesnice, tak i využitím mobilní aplikace vytvořené ve Frameworku Ionic. Výsledkem práce je systém pro konfiguraci trasy na lezecké stěně. S využitím klávesnice se trasa nastavuje pomocí OLED displeje a šipkových kláves, kterými se pohybujeme po diodách a přidáváme je do trasy. Pokud diodu přidáme do trasy, zůstane svítit. Druhou možností je konfigurace trasy pomocí mobilní aplikace komunikující s řídicím systémem přes Bluetooth rozhraní. Součástí práce je přehledný popis zapojení komponentů a vysvětlení, proč jsou součástky zapojeny tímto způsobem.

Klíčová slova: Lezecká stěna, LED diody, mikropočítač Arduino,

ABSTRACT

The aim of this thesis was to create a universal system for displaying a climbing route on the climbing wall using LEDs. The Arduino platform was chosen for the implementation of the system, specifically the Arduino Mega2506 + Wifi development board. 16 LEDs are connected to it, which light up to mark the specified route. The route can be configured using both the keyboard and the mobile application created in the Ionic Framework. The result of this project is a system for route configuration on a climbing wall. The route is set using the OLED display and arrow keys on keyboard, which move the diodes and add them to the route. If we add a diode to the route, it will stay lit. The second option is to configure the route using a mobile application that communicates with the control system via Bluetooth. Part of the thesis is a clear description of the connection of components and an explanation of why the components are connected in this way.

Keywords: climbing wall, LED diodes, microcontroller Arduino

Ráda bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Dolinayovi, Ph.D. za trpělivost, ochotu a odborné vedení, které mi pomohly tuto práci zpracovat.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TYPY LEZECKÝCH STĚN	11
1.1 BOULDERINGOVÁ STĚNA	11
1.2 KLASICKÁ LEZECKÁ STĚNA	12
1.3 CHYTY	13
1.4 ROZMÍSTĚNÍ CHYTŮ	13
2 EXISTUJÍCÍ SYSTÉMY PRO VYZNAČENÍ LEZECKÝCH CEST	14
2.1 KLASICKÉ ZNAČENÍ	14
2.1.1 Barevnost chytů	14
2.1.2 Barevné pásky	15
2.2 LED ZNAČENÍ	15
2.2.1 MoonBoard	15
3 POUŽITÝ HARDWARE	18
3.1 ARDUINO MEGA+WIFI.....	18
3.2 MODUL BLUETOOTH HC-06.....	18
3.3 MEMBRÁNOVÁ KLÁVESNICE	19
3.3.1 Princip funkce membránových klávesnic	19
3.3.2 Připojení klávesnice k Arduino	20
3.3.3 Membránová klávesnice 4x5.....	21
II PRAKTICKÁ ČÁST	22
4 NÁVRH VLASTNÍHO SYSTÉMU PRO VYZNAČENÍ TRASY POMOCÍ LED DIOD	23
4.1 NÁVRH NA OVLÁDÁNÍ SYSTÉMU POMOCÍ KLÁVESNICE.....	24
4.2 NÁVRH OVLÁDÁNÍ SYSTÉMU POMOCÍ MOBILNÍ APLIKACE	24
5 HARDWAROVÁ REALIZACE SYSTÉMU	25
5.1 ARDUINO MEGA+WIFI ATMEGA2560+ESP8266 4MB CH340G	25
5.2 NEPÁJIVÉ POLE	25
5.3 LED DIODY	25
5.4 BLUETOOTH MODUL HC06.....	26
5.5 MICROSD CARD MODUL SPI	29
5.6 IIC I2C DISPLEJ OLED 0.91"	31
5.7 MEMBRÁNOVÁ KLÁVESNICE 4X5	33
5.8 REALIZACE ZAPOJENÍ PŘI TESTOVÁNÍ.....	34
6 OBSLUŽNÝ SOFRWARE PRO ARDUINO	36

6.1	OVLÁDÁNÍ POMOCÍ KLÁVESNICE.....	36
6.1.1	Uložení sítě diod	36
6.1.2	Zvolení a uložení trasy	37
6.1.3	Procházení	39
6.1.4	Nová cesta	40
6.1.5	Smazání všech cest.....	40
6.1.6	Smazání právě prohlížené cesty	40
6.2	OVLÁDÁNÍ POMOCÍ MOBILNÍ APLIKACE.....	41
6.2.1	Sériová komunikace s Arduinem	41
6.2.2	Připojení k Bluetooth	42
6.2.3	Konfigurace trasy možnost č.1	43
6.2.4	Konfigurace trasy možnost č.2.....	45
6.2.5	Prohlížení tras.....	46
	ZÁVĚR	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	49
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

ÚVOD

Horolezectví je stále populárnějším sportem. Jedním z hlavních důvodů, proč se sport v posledních letech tak rozšířil, jsou lezecká centra se stěnami uvnitř budov. Lezení v lezeckých centrech přináší spoustu výhod, jako je například větší bezpečnost, široký výběr tras různých obtížností a zázemí pro přípravu před lezením. Právě bezpečnost lezeckých center a možnost instruktáže je jedním z hlavních důvodů, proč se do sportu pouští stále více lidí.

Při lezení na přírodní skále máme přibližně danou cestu určenou mapou skály a číselným značením na úpatí skály. Při lezení na umělé stěně máme jasně vyznačenou trasu nejčastěji pomocí barevných chytů. Při vytváření trasy na umělé lezecké stěně je proto zapotřebí vlastnit určitý počet chytů jedné barvy, ze kterých se následně postaví trasa.

Takto vzniká problém, zdali máme dostatek chytů té samé barvy na to, abychom mohli danou cestu vytvořit, a zdali máme chyty požadované velikosti a struktury pro vytvoření trasy odpovídající určité obtížnosti, abychom nemuseli dokupovat nové chyty. Další problém, který může nastat, je trasa označená nějakou konkrétní barvou v blízkosti jiné trasy označené stejnou barvou. V takovém případě může dojít při lezení k záměně chytů z různých cest. V určitém úseku stěny pod horním lanem[9] může být pouze omezený počet tras z kapacitních důvodů stěny. Pod jedním horním lanem tak většinou bývá zpravidla okolo pěti cest.

Řešení těchto problémů by mohlo být vyřešeno použitím systémů vyznačujících trasy za pomoci LED diod. Všechny existující LED systémy pro vyznačení tras se ale omezují na již předem dané rozměry stěny, rozmístění chytů a i výběr samotných chytů. Pokud bychom chtěli některý z těchto existujících systémů použít, museli bychom přinejmenším investovat do koupě balíčku nejen LED diod systému, ale i chytů od daného výrobce. Dále by nás čekalo vyrobení samotné stěny, případně její zakoupení taktéž od stejného výrobce. Každý systém má vlastní aplikaci s předem jasnými grafickými návrhy rozvržení, umístění chytů na stěně. Tyto systémy řeší problém omezeného počtu tras na určitém úseku lezecké stěny a vyznačením trasy pomocí LED diod nedojde k záměně chytů. Problém dostatku stejně barevných chytů pro natažení trasy bez nutnosti koupě nových chytů však neřeší a pořízení takového systému je drahou záležitostí.

U mého systému je zapotřebí pouze instalace LED diod na již existující stěnu za použití současných chytů. Není tedy potřeba kupovat nové chyty ani tvořit novou stěnu.

Pod jedním horním lanem by se úsek stěny osadil diodami v určitých pomyslných sloupcích a řádcích pod chyty. Trasy by pak byly vyznačeny rozsvícením příslušných LED diod. V takovém případě by se nemohly zaměnit barvy chytů a v konečném důsledku by ani barevné značení nebylo potřeba. Instruktor v lezeckém centru tak může pro vytvoření trasy použít jakékoliv chyty dle libosti, jelikož není omezen jejich barvou a může je namontovat na jakékoliv požadované místo na stěně, protože není omezen přesným návodem kam chyt umístit jako u současných LED systémů. Následně zadá trasu do mobilní aplikace a uloží ji pro následné použití uživatelů. Dále si jakýkoliv návštěvník může vybrat z již uložených tras, nebo může z dostupných namontovaných chytů na stěně vytvořit vlastní cestu a uložit ji případně i pro další lezce.

Každé lezecké centrum pak může mít svou vlastní lezeckou stěnu s unikátními trasami na rozdíl od ostatních normovaných LED lezeckých systémů, které jsou v každé tělocvičně stejné. Můj projekt je omezen pouze počtem LED diod, které centrum vlastní. Je možné použít na malý boulder například pomyslnou síť chytů o řádcích a sloupcích 6x6. Pokud pomyslnou síť budeme chtít změnit, stačí předělat diody do nové požadované sítě a nastavit nové hodnoty řádků a sloupců v aplikaci. Napíšeme, že nová síť má například 9 řádků na 4 sloupce a program je připraven k novému použití. Tudíž je můj systém daleko přizpůsobivější.

V této práci jsou popsány dva nepoužívanější typy lezeckých stěn a nepoužívanější systémy pro vyznačení tras na nich. V teoretické části práce je ještě obecný popis součástek použitých v práci. V praktické části práce je návrh vlastního systému pro vyznačení trasy. Následuje popis hardwarové realizace, správného zapojení součástek a kroky potřebné k jejich zprovoznění. Nakonec je popsán kód pro obsluhu Arduina a mobilní aplikace.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TYPY LEZECKÝCH STĚN

Tato práce se zabývá dvěma nejrozšířenějšími a nejpoblárnějšími typy lezeckých stěn Boulderingová stěna a takzvaná klasická velká stěna. [4] Hlavní rozdíl těchto dvou typů stěn je v jejich výšce a formě jištění. Na Boulderingové stěně není žádné jištění ve formě lana, zato na klasické vysoké lezecké stěně je lanového jištění zapotřebí z důvodu bezpečnosti.

1.1 Boulderingová stěna

Boulderingové stěny jsou nízké stěny pro lezení. Není zde zapotřebí lana ani lezeckého sedáku[4]. Ve školních tělocvičnách dosahují maximální výšky 3 metrů. [3] V lezeckých centrech jsou většinou vysoké až 4 metry a bezpečnost je zde řešena normovanou dopadovou plochou ve formě boulder matky. Na takové stěně nepotřebuje lezec jističe. To znamená, že nepotřebuje být lanově jištěn. Po vylezení trasy na vrchol stěny může jednoduše seskočit dolů.



Obrázek 1 Boulderingová stěna [22]

1.2 Klasická lezecká stěna

Klasická lezecká stěna je uměle vytvořená stěna nejčastěji vyrobená z překližky. [10] Může v sobě mít již vytvořené díry pro upevnění chytů. Na stěny se ještě upevňují nýty s expreskami a na vrcholu stěny je připevněn jistící bod s dvěma karabinami, nebo kladkou. Stěny zpravidla mívají povrchovou úpravu napodobující hrubost skály. Výška klasické lezecké stěny je určena prostorovými dispozicemi. Podle typu je můžeme rozdělit na školní,



Obrázek 2 Klasická lezecká stěna [23]

komerční a závodní. Nás budou zajímat školní a komerční. Školní tělocvičny musí dosahovat minimální výšky 6 metrů. [1] Větší tělocvičny musí mít již výšku 7 metrů. Velké stěny v lezeckých centrech mohou dosahovat daleko větší výšky. Lezecká stěna ve Zlínském Vertikonu je vysoká 16 metrů a nejvyšší lezecká stěna v České republice dosahuje výšky 23,5 metrů [36]. Při lezení na velkých lezeckých stěnách je zapotřebí lezeckého sedáku, lana a jistění. Většinou je lezec jistěn jističem, nebo automatickým lanovým navijákem. Klasické lezecké stěny tím pádem nabízejí delší trasy než bouldery.

1.3 Chyty

Chyty jsou odlišně tvarované 3D objekty vyrobené z různých materiálů, nejčastěji odlévané z betonu, ale vyráběny i z exotičtějších materiálů od dřeva až po výtisky na 3D tiskárně s dírou a jednou plochou stranou pro přivrtání ke stěně. Mají různé velikosti, od micro chytů až po XXL [6]. Jejich velikost neurčuje jejich obtížnost. Chyty jsou nejdůležitější součástí stěny. Pomocí nich se vytvoří trasy na lezeckých stěnách. Čím více rozdílných cest s různou obtížností, tím lépe. Oba typy lezeckých stěn potřebují mít soustavu montážních otvorů pro uchycení chytů. Na velkých lezeckých stěnách se osvědčuje soustava z narážecích matek, které nenaruší nosnost profilu.[5] Díky tomuto způsobu je možné postavit velké množství cest a tak se zajišťuje i variabilita stěny. Chyty se dají demontovat a připevnit jednoduše a rychle. Při montáži chytů však musí být celý úsek stěny pro bezpečnost uzavřen, aby nemohlo dojít k nehodě. Samotné namontování trasy je tedy kratší záležitostí, avšak vymýšlení dobré trasy a zvolení správných chytů může zabrat spoustu času.

1.4 Rozmístění chytů

Na boulderingových stěnách se počítá s rozmístěním alespoň 10 – 15 chytů na m² stěny. Na klasických lezeckých stěnách s lanovým jištěním je to pak 5 – 8 chytů na m². [7] Lezecké cesty na stěně jsou pravidelně obměňovány, aby lákaly i časté návštěvníky. Lezecké chyty jsou po nějaké době používání zašpiněné od prachu, potu, kousků kůže a magnézia. Na chytu se vytvoří povlak, který zahladí strukturu chytu a je potřeba jej pravidelně odstraňovat. K čištění se používá nylonový kartáč. Lezci mohou nylonové kartáče nosit u sebe a v případě potřeby povlak odstranit. Pro dokonalé umytí chytů je však zapotřebí chyty demontovat a umýt je nejlépe vodním vysokotlakým čističem.[8]

Šířka lezecké trasy se odvíjí s ohledem na bezpečnost při spadnutí. Mějme například lezce jištěného z vrchu pomocí takzvaného Top Rope[9], stacionárního bodu na vrcholu stěny. Pokud by byl lezec příliš vychýlený doleva od horního jisticího bodu, mohl by se při pádu zhoupnout na druhou stranu, kde by se mohl srazit s jiným lezcem, nebo se stěnou.

2 EXISTUJÍCÍ SYSTÉMY PRO VYZNAČENÍ LEZECKÝCH CEST

Pro rozlišení jednotlivých lezeckých tras je potřeba odlišit chyty náležící jednotlivým trasám. Některé stěny toto rozlišení nemají vůbec (např. kotelná Adama Ondry [37]) a lezec může lézt podle své vůle, případně podle slovních pokynů spolulezců.

2.1 Klasické značení

Původně značení tras nevyužívalo žádné elektronické prvky a bylo potřeba od sebe trasy odlišit již při stavbě.

2.1.1 Barevnost chytů

Nejrozšířenějším způsobem vyznačení tras na lezecké stěně jsou barevné chyty, které určují celou trasu od spodu až nahoru. U trasy je napsaná její barva a obtížnost. Tato technika značení je velice příjemná a jednoduchá na sledování pro lezce. Pro instruktora je to omezující v dostupnosti chytů. Musí vybírat z určité dostupné nabídky chytů jedné barvy pro vytvoření takovéto trasy. Dále nemůže udělat dvě trasy jedné barvy vedle sebe z důvodu záměny



Obrázek 3 Trasy vyznačené barevnými chytý [43]

2.1.2 Barevné pásky

Barevné pásky jsou umístěny mezi chyt a stěnu. Pomocí barevných pásku tak můžeme stejně jako pomocí barevných chytů odlišit trasy. Tento způsob se v dnešní době spíše používá při označení obtížnosti trasy, která je pak vedena výše zmíněnými barevnými chyty.



Obrázek 4 Trasa vyznačená barevnými páskami u chytů [42]

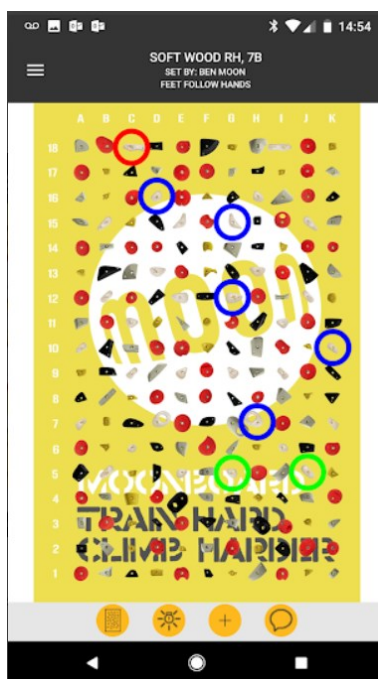
2.2 LED značení

Moderní způsob značení lezeckých tras je pomocí LED diod. Atraktivní pro uživatele je hlavně možnost navrhnutí si vlastní trasy. Různé systémy značení tras pomocí LED diod pak fungují již obdobně. Normované velikosti, normované chyty ve všech tělocvičnách. Hlavní rozdíly mezi systémy jsou v uchycení diod na lezecké stěně.

2.2.1 MoonBoard

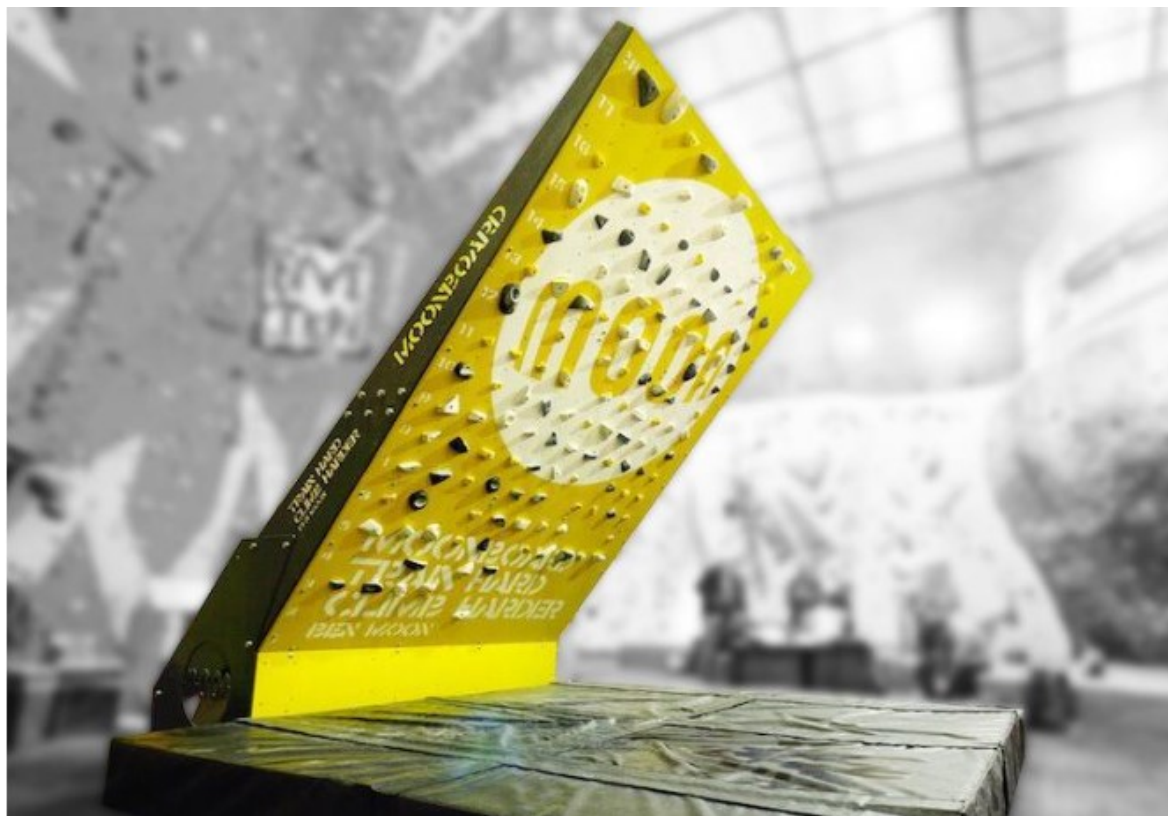
MoonBoard je boulderingová stěna, která se vyrábí ve dvou velikostech a s několika sadami chytů. Tyto chyty mají své přesné umístění na stěně. Stěna je označena pomocí čísel a písmen. Pod chyty jsou umístěny LED diody, které se dle potřeby rozsvítí pro označení trasy. Pro zapnutí LED diod je potřeba nainstalovat aplikaci do mobilního telefonu. Zde vyberete typ stěny, jestli standard nebo mini. Dále je zapotřebí vybrat sety chytů ze tří možností pro standard, pro mini je jen jedna možnost setů chytů. Stěna se také vyrábí ve dvou sklonech 25° nebo 40°.

Abyste mohli lézt co nejvíce tras je samozřejmě zapotřebí mít všechny sety chytů v dané možnosti. Se stěnou se poté spojíte pomocí Bluetooth a můžete vidět problémy k řešení. Problémy neboli trasy mohou přidávat všichni uživatelé s moonboard aplikací. V aplikaci je uloženo přes 8 tisíc tras. Moonboard se dělá tedy jen ve dvou typech a pro použití aplikace musí být všechny chyty na svých místech. V aplikaci je obrázek stěny, kde jsou všechny chyty přesně zakresleny, kde mají být. Pro vytvoření nového problému klikneme na tlačítko nový problém. Zobrazí se nám obrázek s chyty. Chyty vybereme pomocí kliknutí na obrázek chyty a poté problém uložíme. [11]



Obrázek 5 Mobilní aplikace Moon Board [15]

Pro použití tohoto systému je tedy zapotřebí moonboard stěna, sety chytů, diody. Pokud máme připravené místo, kde se stěna nainstaluje stačí zakoupit DIY kit. V takovém případě nás pořizovací cena vyjde na £3000. To je v přepočtu 87 tisíc korun českých za DIY kit 2017. [12]



Obrázek 6 Moon Board - Boulderingová stěna [24]

Vybraná jedna pěti-hvězdičková recenze a jedna jedno-hvězdičková recenze aplikace z Google Play obchodu.

REVIEW FROM FILIPE SOUSA



Filipe Sousa

★★★★★ February 12, 2022



UX could be much better, it always seems to crash the first time I open it and the ranking doesn't seem to update correctly. I quite like using it though.

Obrázek 7 Pěti-hvězdičková recenze [13]

REVIEW FROM RICHARD MURRAY



Richard Murray

★★★★★ April 1, 2022



Almost never works, never connects, if someone else has used the board and not disconnected there's no way to use the board. However, great when it actually works

Obrázek 8 Jedno-hvězdičková recenze [14]

3 POUŽITÝ HARDWARE

V následující části jsou popsány některé komponenty pro hardwarovou realizaci projektu.

3.1 Arduino MEGA+WiFi

Jako základní platforma pro popisovaný systém bylo vybráno Arduino MEGA+WiFi s mikrokontrolery ATmega2560 a ESP8266, především pro možnost jejího mnohostranného využití, velké množství výstupů a také možnosti mít tento model prakticky ihned k dispozici.

I přes relativně větší rozměry desky – 102x53mm [16] je stále vhodná pro nejrůznější typy zapojení v praxi i díky váze 32g. Arduino MEGA+WiFi na sobě kombinuje mikrokontrolér ATmega2560 a ESP8266, které lze použít v režimu provozu jak samostatně, tak v režimu spolupráce, taktovací frekvence je 16Mhz. Vstupní napětí je potřeba přivést v rozmezí buď prostřednictvím microUSB portu (5V) anebo konektoru pro připojení externího napájení přes adaptér (7-16V). Pro ATmega2560 máme k dispozici Flash paměť 256KB (z toho 4KB je použito pro bootloader), SRAM 8KB a EEPROM 4KB. U ESP8266 pak máme k dispozici flash paměť o velikosti 8Mb. Deska disponuje také širokou řadou vstupů/výstupů, ať už se jedná o 16 analogových, tak i dalších 54 digitálních, ze kterých je pak 14 vstupů/výstupů podporujících technologii PWM. Mikrokontrolér ESP8266 [17] pak disponuje integrovanou anténou, Wi-Fi standardy 802.11 b/g/n, integrovaným 32-bit CPU, QoS managementem, možností zabezpečení přenosu WEP, TKIP, AES, WAPI a dalšími funkcemi.

Oproti originálnímu modulu Arduino MEGA2560 [18], tento model vyniká právě zmíněnými schopnostmi Wi-Fi konektivity a dalšími výhodami mikrokontroleru ESP8266. Nesmíme také opomenout finanční stránku věci, jelikož originální Arduino MEGA s Wi-Fi rozšiřovacím modulem by nás přišlo na cca 1200kč, kdežto Arduino MEGA+WiFi na necelých 800kč. V mé práci jsou tyto výhody nadbytečné, a plně by dostačovalo obyčejné Arduino MEGA, tento typ byl použit pouze proto, že mi zbyl po jiném projektu.

3.2 Modul Bluetooth HC-06

Pro bezdrátovou komunikaci s mobilními zařízeními byl zvolen model Modulu Bluetooth s označením HC-06.

Tento Bluetooth modul [19] je ve verzi 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate) – vylepšená datová propustnost a je schopen přenášet data maximální rychlostí až 2,1Mbps. Jeho celkové rozměry jsou 43x16x7mm a lze jej dle údajů provozovat při teplotách -5°C až 45°C . Napájecí napětí pro tento modul je potřeba udržet v rozmezí 3,6-6V a odběr dosahuje maximálně 150mA. Úroveň komunikačního signálu je pak 3,2V a pokud bychom jej připojovali k mikrokontroleru napájeným 5V, bylo by toto napětí nutné upravit. S integrovanou anténou dosahuje citlivosti -84dBm a je schopen vysílat výkonem 4dBm, tudíž je možnost pro bezdrátové spojení až na 10m. Základní rychlost komunikace tohoto modulu je nastavena na 9600 baud. Tutu verzi modulu lze používat pouze jako „SLAVE“.

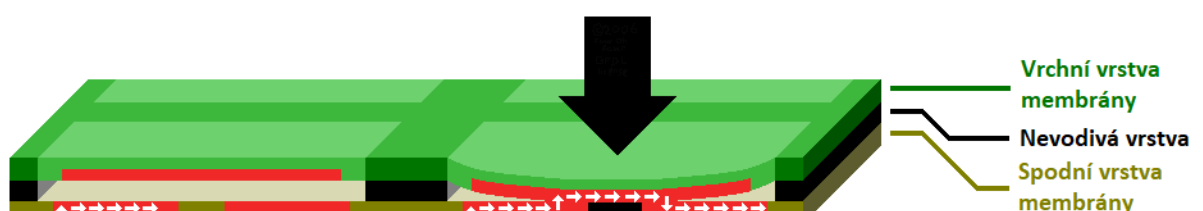
Jeho běžná cena se pohybuje okolo 150kč. Z Číny pak tento modul přijde i na méně než polovinu.

3.3 Membránová klávesnice

Membránové klávesnice mají hned několik výhod oproti jiným typům klávesnic, například jejich odolnost proti nečistotám díky uzavřené konstrukci, dále je výhodou značná flexibilita, vyznačují se také dlouhou životností, nebo nízkými výrobními náklady. Jedinou větší nevýhodou je pak nedostatečná haptická odezva pro zadávající obsluhu, a proto se tyto klávesnice nehodí pro dlouhodobé souvislé zadávání znaků a psaní textů, například na počítači. [21]

3.3.1 Princip funkce membránových klávesnic

Tyto klávesnice se skládají ze tří vrstev, z nich dvě krajní vrstvy (vrchní a spodní) obsahují vodivé cesty, které odděluje další vrstva, tentokrát nevodivá, která předchází dvě vrstvy od sebe fyzicky odděluje, ale má v sobě otvory v místech, kde se nachází jednotlivé klávesy. Za normálních podmínek je obvod pod klávesami rozpojen, jelikož je mezi vodivými cestami na spodní vrstvě nevodivá mezera. Při stisku klávesy se tato mezera překlene vodivou plochou obsaženou ve vrchní vrstvě a dojde ke spojení cest spodní vrstvy, což umožní proudu procházet tímto nyní uzavřeným obvodem. [21]

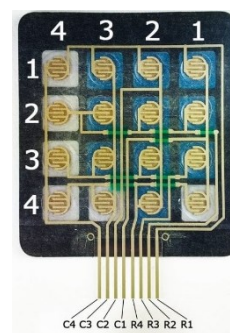


Obrázek 9 Průřez membránové klávesnice [21]

3.3.2 Připojení klávesnice k Arduinu

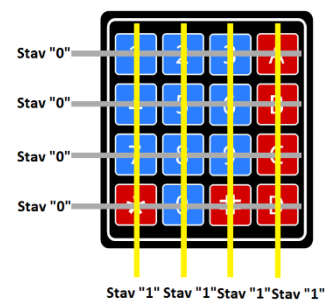
Membránová klávesnice funguje na principu matic, kde každý sloupec a každý řádek zastupuje jeden pin na výstupu (Obrázek 8).

Pro naši klávesnici nám tedy vychází počet 9 pinů, 4 piny pro sloupce a 5 pinů pro řádky. Pro následující příklad však použijeme klávesnici 4x4 kláves:



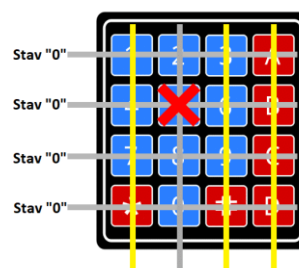
Obrázek 10 Konstrukce klávesnice [26]

Arduino s touto klávesnicí pracuje tak, že když není žádná klávesa stisknuta, udržuje na všech pinech sloupců logický stav „1 - sepnuto“ a na pinech řádků logický stav „0 - vypnuto“ (Obrázek 9).



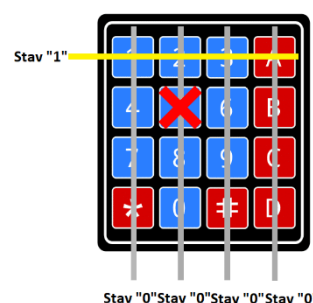
Obrázek 11 Schéma klávesnice – výchozí stav [27]

Pokud se stiskne klávesa, tak se na příslušném pinu ve sloupci s touto klávesou objeví hodnota „0 - vypnuto“ z důvodu odcházejícího proudu a Arduino tak zjistí, ve kterém sloupci došlo ke stisku klávesy (Obrázek 10).



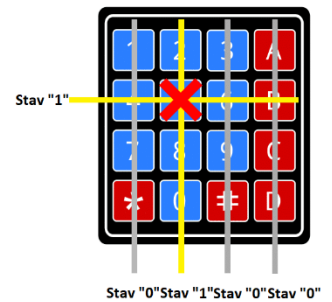
Obrázek 12 Schéma klávesnice – stisknutá klávesa [28]

Dále potřebuje zjistit, ve kterém řádku se tak stalo a proto výstupy všech pinů sloupců změní na „0 - vypnuto“. Následně pak tyto porty sleduje a do pinů řádků postupně pouští stav „1 - sepnuto“ (Obrázek 11).



Obrázek 13 Schéma klávesnice – kontrola řádku 1 [29]

Jakmile se na některém ze sledovaných pinů objeví také stav „1 - sepnuto“, je jasné, že je zde obvod spojen – stisknutá klávesa (v ukázce konkrétně klávesa „5“) a Arduino tuto klávesu identifikuje. (Obrázek 12) [25]



Obrázek 14 Schéma klávesnice – kontrola řádku 2 [30]

3.3.3 Membránová klávesnice 4x5

Pro navržený systém je využita membránová maticová klávesnice s dvaceti tlačítky rozloženými ve čtyřech sloupcích a pěti řadách.

Celkový rozměr klávesnice je 73mm x 85mm, plus přívodní svazek konektoru. Provoz této klávesnice je dle výrobce možný v teplotním rozmezí od -20°C až do 60°C. Životnost této klávesnice je udávána na až 100 milionů stisků klávesy. Odezva stisku klávesy je 1ms a odpor obvodu při tomto stavu je 500Ω, v rozepnutém stavu se pak izolační odpor rovná 100MΩ. [20]

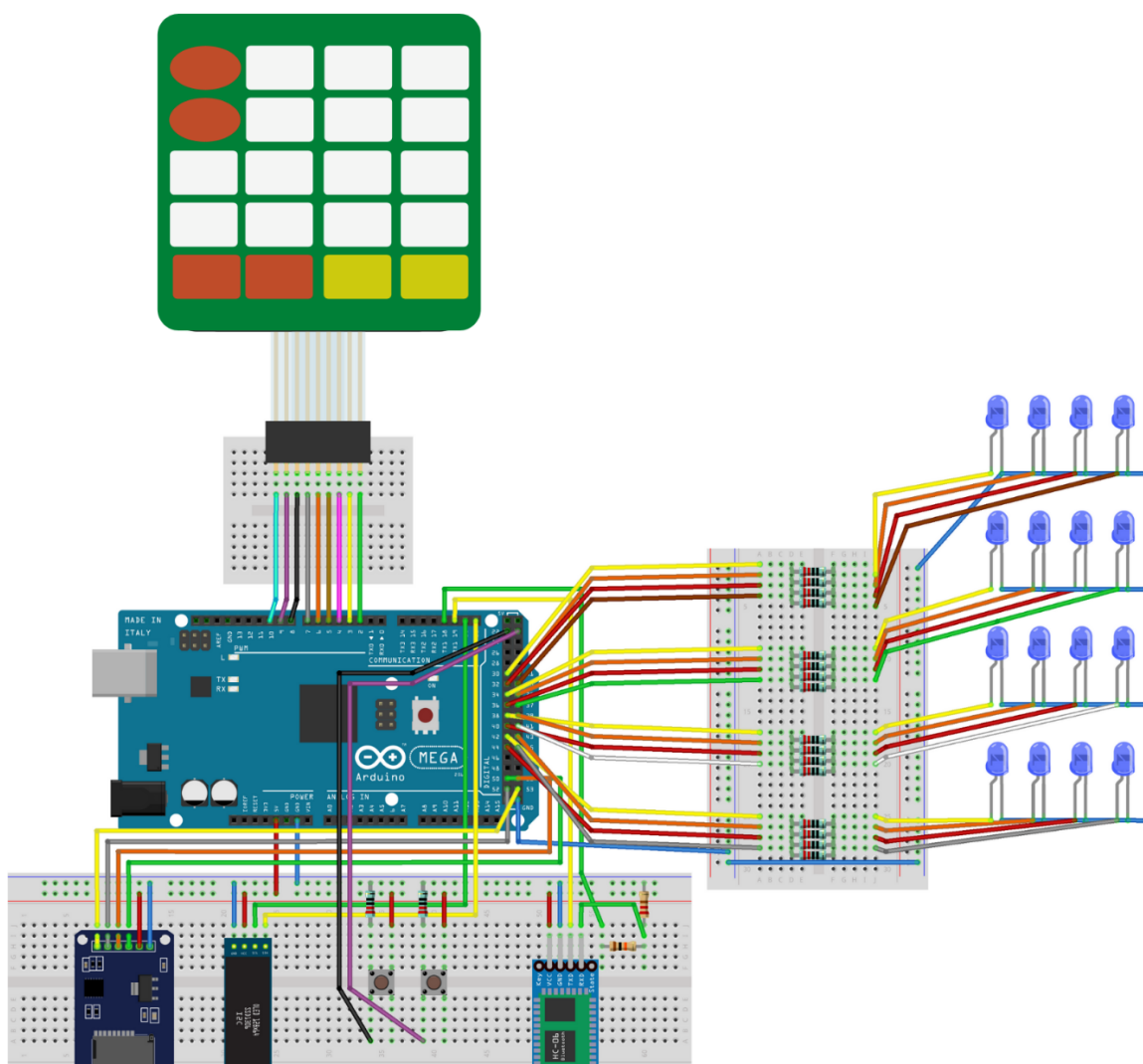
Cena této součástky se v ČR pohybuje okolo 40Kč. Je však k dostání v přepočtu i za cca 13kč přímo z čínských obchodů

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 NÁVRH VLASTNÍHO SYSTÉMU PRO VYZNAČENÍ TRASY POMOCÍ LED DIOD

Systém upevnění LED diod bude řešen tak, že LED diody budou umístěny pod chyty, jako je to např. u komerčního systému Moon Board. LED diody bude možné nainstalovat na již vlastněnou stěnu s chyty. Nebude zde nutné zakoupit předepsané chyty ani nebude potřeba investovat peníze do nových chytů nebo do nové stěny na chyty.

Základem hardwarového návrhu je mikropočítač Arduino Mega, které ovládá LED diody k němu připojené přes digitální piny 30 až 45. Připojená membránová klávesnice slouží pro uživatelský vstup. Trasu je možné konfigurovat pomocí klávesnice, nebo přes mobilní aplikaci, která komunikuje s Arduinem pomocí Bluetooth rozhraní. Dále je k mikropočítači připojen modul pro microSD kartu, která následně slouží jako trvalé



Obrázek 15 Schéma zapojení všech potřebných komponentů

datové úložiště. Pro vytvoření schématu zapojení součástek k mikropočítači byl použit placený program Fritzing[31].

4.1 Návrh na ovládání systému pomocí klávesnice

Systém bude možné ovládat přes klávesnici a dva spínače. Tento vstup bude i administrativního rázu. Některé funkce zde budou dostupné pouze přes klávesnici a spínače a nebudou v mobilní aplikaci. Jedná se o nastavení sítě diod, smazání určité trasy a smazání všech tras. V ideálním případě by vstup pomocí klávesnice byl schován za stěnou nebo nějakým způsobem chráněn proti přístupu neoprávněného uživatele.

Samotnou trasu bude možné nakonfigurovat pomocí klávesnice. Přes šipky nahoru, dolů, doprava a doleva na klávesnici se bude měnit pozice rozsvícené diody v zadané síti. Jakmile uživatel přes šipky dojde na pozici diody, které má zůstat rozsvícená, stiskne tlačítko „Potvrdit“ a tím přidá diodu do trasy. Zvolená dioda teď bude po celou dobu svítit.

Uživatel se pomocí šipek přesune na další pozici diody, kterou chce ponechat rozsvícenou a znovu stiskne „Potvrdit“. Tímto způsobem může rozsvítit všechny diody v síti. Jakmile má uživatel rozsvícené požadované diody pro trasu, může začít lézt. Pokud se mu trasa líbí, může ji uložit pomocí tlačítka „Uložit“, nebo může zadat novou trasu pomocí tlačítka „Nová Cesta“.

4.2 Návrh ovládání systému pomocí mobilní aplikace

V mobilní aplikaci bude možné ovládání dvěma způsoby. První způsob konfigurace lezecké trasy bude na stejném principu jako konfigurace trasy pomocí klávesnice. V aplikaci budou zobrazeny šipky pro posun pozice rozsvícené diody, tlačítko pro přidání diody do trasy, tlačítko pro uložení právě rozsvícených diod a tlačítko pro zadání nové cesty.

Druhý způsob konfigurace trasy bude pomocí tlačítek, kde každé tlačítko znázorňuje jednu diodu. Pokud stiskneme tlačítko, rozsvítí se odpovídající dioda. Při tomto typu zadávání cesty můžeme diodu zhasnout opětovným stiskem tlačítka.

5 HARDWAROVÁ REALIZACE SYSTÉMU

V této kapitole budou popsány použité komponenty systému a jejich zapojení.

5.1 Arduino MEGA+WiFi ATmega2560+ESP8266 4Mb CH340G

Pro vytvoření mé bakalářské práce bylo zapotřebí mikropočítače s velkým množstvím pinů. Měla jsem k dispozici tento model, který má celkem 54 digitálních pinů, což vyhovuje mým požadavkům.

5.2 Nepájivé pole

Nepájivé pole bylo využito pro zapojení všech komponentů bez nutnosti jejich pájení. Při testování práce byly využity 3 nepájivé pole.

5.3 LED diody

Použité LED diody mají napětí v propustném směru 1.8 Voltů a proud v propustném směru 20 mili-Ampérů. [32] Což je 0.02 Ampérů. Velikost LED diody je 5 mm. Diody jsou zapojeny do digitálních pinů Arduina. Při zapojování diody k Arduinu je zapotřebí použít rezistor. Napětí na Arduinu na digitálním pinu je 5 Voltů. LED dioda odebírá 1,8 Voltů. 5 Voltů – 1,8 Voltů, zbydou nám 3,2 Volty. Ze vzorečku pro Ohmův zákon vypočítáme vzorec pro proud.

$$I = \frac{U}{R} \quad | \quad * R$$

$$IR = U \quad | \quad / I$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = 3,2 / 0.02 = 160 \Omega$$

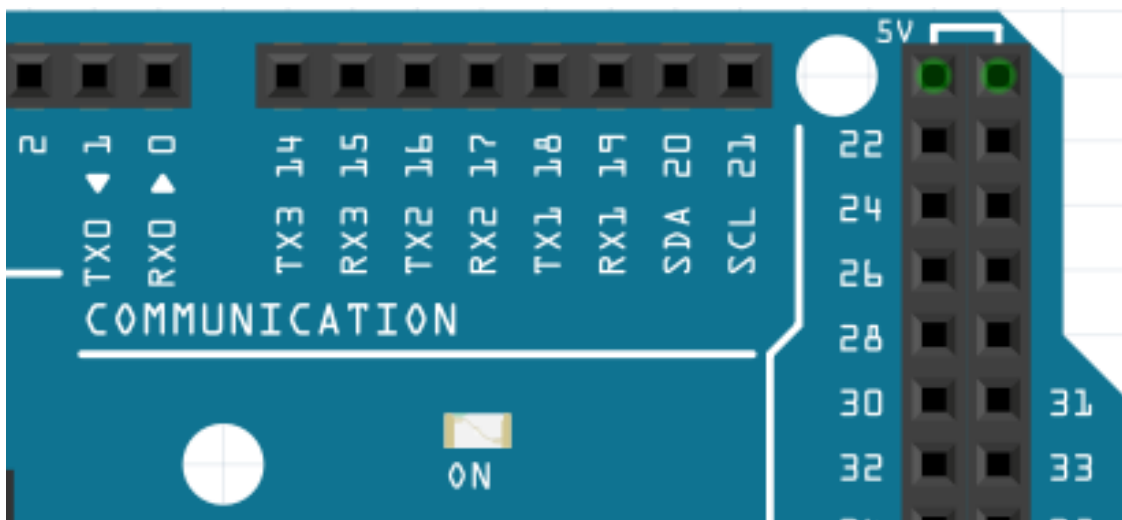
Pro zapojení diody je zapotřebí 160 Ω odpor. My jsme využili odpor o 220 Ohmech. Pokud bychom rezistor nepoužili tak se po určitém čase dioda spálí. Případně nám hrozí možnost poškození samotného pinu na Arduinu.

5.4 Bluetooth modul HC06

Pro komunikaci Arduina přes mobilní zařízení bylo zvoleno rozhraní Bluetooth. Abychom mohli toto rozhraní využívat je zapotřebí Bluetooth modul. Modul HC06 pro vzájemnou komunikaci mezi Arduinem a mobilním zařízením stačí. Pro komunikaci ze strany Arduina nebylo zapotřebí přidávat další knihovnu. Arduino MEGA má více pinů vyhrazených pro komunikaci. Stačí tedy Bluetooth Modul zapojit do správných pinů na mikropočítači. Piny pro komunikaci Arduina s počítačem přes USB jsou RX 0 a TX 1. Tyto piny se používají například při nahrávání kódu do Arduina nebo při posílání zpráv do počítače. Tedy pro veškerou sériovou komunikace Arduina přes USB s počítačem. Proto by tyto piny měly zůstat prázdné. Pokud bychom je chtěli z nějakého důvodu stejně použít, při nahrávání skeče musí být odpojené. Komunikační zařízení se na piny připojí až po té co je skeč v pořádku nahrán do mikropočítače. [33] [19]

Další možnost jak připojit Bluetooth modul je za použití knihovny SoftwareSerial, kde můžeme nastavit jakékoli digitální piny na přijímací a vysílací.

Arduino Mega má více pinů určených pro komunikaci. Piny 14 – 19 mohou být využity pro komunikaci. Pro jejich aktivaci stačí napsat Serial[číslo pinů, které jsme si vybrali].



Obrázek 16 Komunikační piny Arduina

V projektu jsou použity piny 18 a 19, tedy TX1 a RX1. Při aktivaci pinů tedy napíšeme „Serial1.begin()“. Do kulatých závorek ještě musíme napsat komunikační rychlost. Komunikační rychlost je většinou nastavena na Bluetooth modulech na 9600 bps.

K zapojení modulu je zapotřebí dvou rezistorů na úpravu výstupního napětí z Arduina. Pin TX1 na Arduinu je digitální pin a jeho napětí je 5 Voltů. Když se podíváme na Bluetooth HC06 modul uvidíme, že u pinu RXD je vstupní napětí požadováno okolo 3,3 Voltů.



Obrázek 17 Bluetooth modul HC-06 ze zadní strany [19]

Toto bývá většinou uvedeno na samotném modulu. Někteří výrobci tuto skutečnost uvádí pouze v datasheetu produktu. Proto musíme zajistit, aby se pinu RXD na Bluetooth modulu dostávalo to správné napětí. Použijeme k tomu rozdělení napětí.

$$U_{výs} = \frac{U_{vst} * R_2}{(R_1 + R_2)}$$

$$3,437 = \frac{5 * 22\ 000}{(10\ 000 + 22\ 000)}$$

$$3,333 = \frac{5 * 2\ 000}{(1\ 000 + 2\ 000)}$$

Můžeme použít jakoukoli kombinaci odporů chceme, dokud se výstupní napětí pohybuje kolem 3,3 Voltů. Při tvoření projektu jsem měla k dispozici 10 K Ω a 22K Ω odpor. Dal by se použít i třeba 1K Ω a 2K Ω odpor. Pokud bychom rezistory na pin nezapojili mohl by se zničit jak modul, tak i pin na Arduinu.

Modul zapojíme jak je vidět na schématu zapojení obrázek 15 v kapitole 4. Připojíme mikropočítač k počítači přes USB kabel. Na mikropočítači se rozsvítí dioda ON, mikropočítač je zapnutý. Na Bluetooth modulu HC-06 můžeme vidět červenou diodu, která

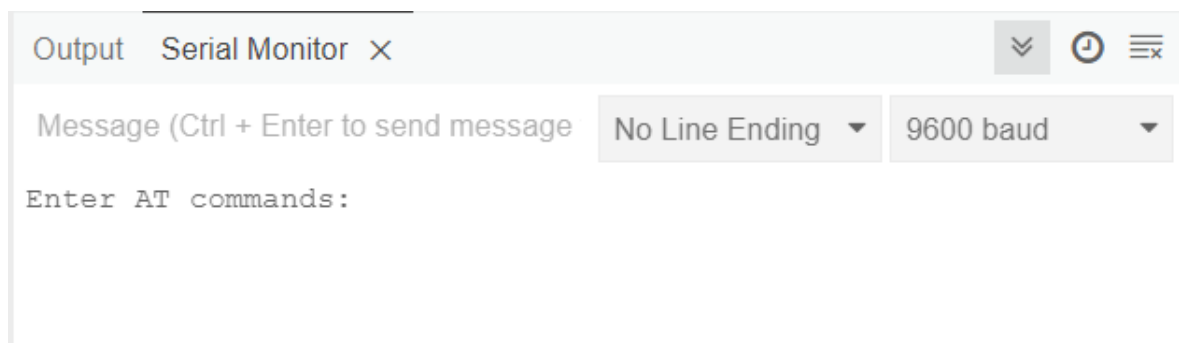
rychle bliká. Pokud dioda nesvítí, je třeba zkontrolovat zapojení modulu. Jakmile se k modulu připojíme telefonem, dioda bude stále svítit.

Jako první věc můžeme změnit jméno a heslo Bluetooth modulu[34]. Modul se zobrazuje jako HC-06 a jeho heslo je 1234. Pokud by Bluetooth modul měl ovládat nějaké bezpečnostní zařízení je potřeba zvolit silné heslo. Vzhledem k našemu projektu pro veřejnost můžeme ponechat heslo 1234. Informace o Bluetooth modulu změníme pomocí AT příkazů. AT jako Attention. Každý příkaz zaslaný do modulu začíná písmeny AT.

Pro ovládání nám stačí zapnout arduino IDE. Pomocí správce zařízení můžeme najít, na kterém portu se náš mikropočítač nachází. V Arduinu IDE zvolíme odpovídající port COM a správnou verzi mikropočítače. V našem případě zvolíme: „Arduino Mega or Mega 2560“. Pro komunikaci napíšeme krátký kód pro posílání dat mezi počítačem a modulem.

Komunikační rychlost 9600 pbs je komerční rychlostí pro většinu zařízení. Pokud bychom chtěli rychlost změnit, můžeme tak učinit také pomocí AT příkazů.

Kód nahrajeme do mikropočítače pomocí tlačítka se šipkou upload v levém horním rohu. Jakmile nám výstup oznámí, že nahrání na mikropočítač bylo dokončené můžeme otevřít Seriál Monitor pro komunikaci. Tlačítko v pravém horním rohu se symbolem lupy nám otevře seriál monitor. Zkontrolujeme, že komunikační rychlost je nastavena na 9600 baud a typ komunikace je bez zakončení na konci řádku. Pokud je vše správně nastavené a zapojené, na obrazovce uvidíme takovýto výstup.



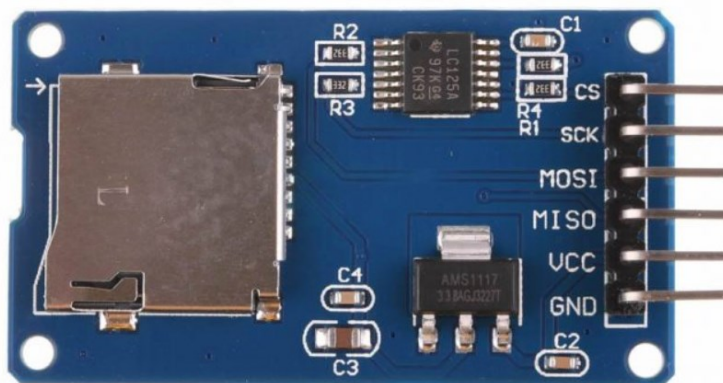
Obrázek 18 Serial Monitor v Arduino IDE

Do políčka pro posílání zpráv napíšeme „AT“ a stiskneme Ctrl + Enter. Bluetooth modul nám zpět odpoví „OK“. Pro změnu jména napíšeme příkaz „AT+NAME našeNovéJméno“. Modul odpoví: „OKsetName“.

Pro změnu hesla napíšeme příkaz: „AT+PSWD našeNovéHeslo“. Modul odpoví OKsetPswd. Poslední nastavení, které můžeme na HC-06 modulu změnit je výše zmíněná komunikační rychlost. Pro změnu komunikační rychlosti napíšeme příkaz: „AT+UART nováRychlost“. Dále můžeme zadat několik dalších příkazů na zjištění informací o modulu. Nebo příkaz AT+RESET k restartování modulu, nebo AT+ORGL k resetování modulu do původního stavu.

5.5 microSD Card modul SPI

Pro uložení dat do dlouhodobé paměti jsem zvolila microSD kartu. Arduino Mega má dlouhodobou paměť o velikosti 4kB [18], což by stačilo na projekt v nynějším stavu, ale v projektu byla rovnou využita SD karta, která bude později využita i jako úložiště všech tras. Na SD kartu se na začátku programu zapíše počet řádků a sloupců. Při každém spuštění programu se následně přečtou informace z SD karty, pokud tam jsou uloženy, a není potřeba znovu zadávat řádky a sloupce. [35]



Obrázek 19 microSD modul SPI [44]

SD karty nejčastěji pracují s napětím okolo 3,3 V, proto i modul pro SD kartu pracuje s tímto napětím. Jak už jsme zmínili výše digitální piny Arduina pracují s 5 Volty. Některé SD Card moduly mají integrovaný převodník logických úrovní na 3,3 V. Je třeba zkontrolovat, zdali náš modul již převodník logických úrovní má. Pokud ne, musíme jej zapojit jako výše zmíněný Bluetooth modul s děličem napětí na 3,3 V pomocí rezistorů. Pokud máme integrovaný převodník logických úrovní, můžeme modul zapojit bez rezistorů. Dle schématu zapojení obrázku číslo 15 v kapitole čtvrté, zapojíme micro SD modul k Arduinu.

V přehledné tabulce [35] na oficiálních stránkách Arduina najdeme typ Arduino desky, kterou používáme a piny zapojíme podle ní. Výstup MOSI, což jsou data vystupující z master zařízení, tedy data které generuje master. Tento pin připojíme k digitálnímu pinu 51. Vstup MISO, jsou data vstupující do master zařízení, tedy data, která generuje slave zapojíme do pinu 50. SCK je hodinový signál. V závislosti na zvoleném režimu určuje hodinový signál okamžik, kdy dochází k vzorkování dat. Tutu činnost generuje master. SCK zapojíme do digitálního pinu 52. CS je signál vymezující datový rámec. Signál je aktivní při přenosu. V našem projektu byl pro CS výstup zvolen digitální pin 53. Tyto výše zmíněné signály tvoří sériové vysoko rychlostní rozhraní typu master-slave. Toto rozhraní nám umožňuje komunikaci po sběrnici. Pro jednoduchou práci s SD kartou potřebujeme dvě knihovny SPI.h a SD.h. SPI knihovna povoluje komunikaci s SPI zařízeními, přičemž arduino je použito jako master zařízení. SD.h knihovna nám dovoluje snadno zapisovat a číst textové soubory z SD karty. Tato knihovna podporuje formáty SD karet FAT16 a FAT32 na standardních SD kartách a SDHC karty. Pro zformátování karty připojíme SD kartu k počítači. V průzkumníku souborů ve složce Tento Počítač na SD kartu klikneme pravým tlačítkem myši a zvolíme Formátovat. Systém souborů nastavíme na FAT32 a klikneme na tlačítko spustit.

Knihovna SPI.h se nemusí instalovat, je součástí každé Arduino platformy, pro použití knihovny ji stačí jen zahrnout do projektu.

Knihovnu SD.h je třeba stáhnout. V menu v levém horním rohu je záložka Sketch -> Include Library -> Manage Libraries. Zde najdeme naši požadovanou knihovnu a stáhneme ji.

Teď můžeme obě knihovny využívat.

Pomocí příkazu `SD.open()` můžeme otevírat i dokumenty v různých složkách za pomoci lomítek. Například „jménoSložky/jménoDokumentu“. Složku, nebo složky můžeme vytvořit pomocí příkazu `mkdir()`. Klidně můžeme vytvořit více složek najednou []. `SD.mkdir(„a/b/c“)` vytvoří složky a, b i c pokud ještě nebyly vytvořeny. Pomocí příkazu `rmdir(„jménoSložky“)` můžeme složku odstranit. Abychom mohli složku odstranit, musí být prázdná. Pro čtení a zapisování použijeme již výše zmíněný příkaz `SD.open()`. Můžeme ještě zvolit mód, v jakém si dokument otevře. Pokud chceme pouze číst vybereme mód `FILE_READ`. „`SD.open(„jménoDokumentu“, FILE_READ)`“ v tomto případě se otevře dokument pro čtení a my jsme na začátku dokumentu. Pokud použijeme příkaz „`SD.open(„jménoDokumentu“, FILE_WRITE)`“ můžeme do dokumentu i psát a můžeme z něj i číst, ale začínáme na konci dokumentu[.]

5.6 IIC I2C Displej OLED 0.91"



Obrázek 20 IIC I2C Displej OLED 0.91" [45]

Pro komunikaci s uživatelem při ovládání systému bez požití mobilního telefonu byl použit OLED displej. Na displeji se zobrazují instrukce pro uživatele a i oznámení co udělal, nebo co se děje. Například při zadávání nové cesty se na displeji zobrazí: „ready for new path“. Nejdůležitější funkcí má displej při zadávání obtížnosti a jména. Dává instrukce jak zadat obtížnost i jméno. Nejdůležitější je u zadávání jména, kde zobrazuje jaké písmeno je právě zvoleno a co zatím uživatel napsal.

Uživatel šipkami prochází abecedu a na displeji se vždy zobrazuje, na jakém písmenu se právě nachází. Jakmile dojde na písmeno, které chce zapsat, stiskne tlačítko potvrdit. Na displeji se zobrazí písmeno, které vybral. Uživatel následně dál prochází abecedu šipkami než dojde k dalšímu písmenu v názvu pro jeho cestu. Stiskne tlačítko potvrdit a nové písmeno se zapíše vedle předešlého zvoleného písmena. Pokud stiskne nulu, zapíše se mezera ve tvaru „_“, aby šlo na displeji poznat, že mezera byla zapsána. Mezera se nemusí potvrzovat. OLED displej má na rozdíl od LCD displeje pouze malý počet pinů k zapojení. Náš displej má k zapojení pouze 4 piny. Jak zapojit piny se dozvíme z dokumentace. Na stránkách prodejce například laskakit.cz najdeme v souvisejících souborech knihovnu pro použití s displejem. Knihovna se jmenuje Adafruit. Na stránkách Adafruitu můžeme najít vysvětlení jak zapojit správně všechny OLED displeje. Schéma zapojení displeje se nachází kapitole čtvrté obrázek číslo 15.

Aby se displej dal jednoduše používat, využijeme výše zmíněné Adafruit knihovny. Tu musíme nainstalovat. V Arduino IDE jdeme do Library manager. Můžeme se zde dostat i přes nabídku na levém boku IDE. Klikneme na ikonu knihovnu a dostaneme se do nabídky knihoven. Zde napíšeme do vyhledávání „Adafruit SSD1306“. Je to ta knihovna doporučená

od prodejce. Nainstalujeme knihovnu. Arduino IDE nám doporučí nainstalovat další dvě knihovny. Knihovny nainstalujeme. Pokud nám Arduino IDE při instalaci nenabídne další knihovnu musíme ji doinstalovat sami. Dle dokumentace na Githubu je potřeba pro správné fungování této knihovny ještě stáhnout „Adafruit GFX“ knihovnu. Takže pokud ji Arduino IDE nenabídlo, doinstalujeme ji.

Po instalaci můžeme otevřít napsaný příklad. V arduino IDE jdeme do File -> Examples -> Adafruit SSD1306 -> ssd1306_128x32_12c.

V příkladu můžeme vidět že je zapotřebí obsáhnout 4 knihovny.

Knihovna SPI.h je již zahrnuta kvůli používání SD karty. Takže do našeho projektu stačí přidat zbylé tři knihovny. I v samotném příkladu je popsáno, jak přijdou piny zapojit.

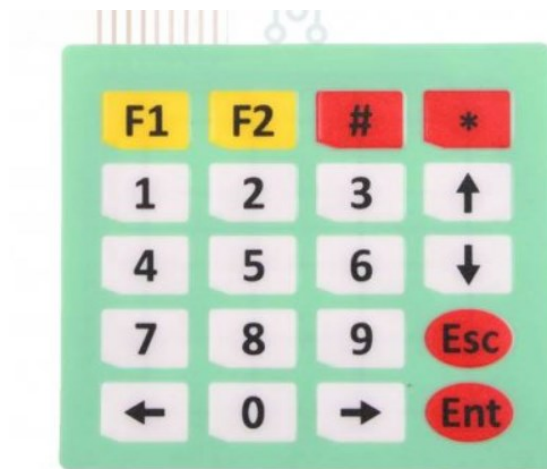
Pro používání displeje musíme vytvořit proměnou displej pomocí knihovy.

```
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
```

SCREEN_WIDTH je šířka displeje a SCREEN_HEIGHT je výška displeje. Náš displej má rozměry 128x32 pixelů.

Pokud chceme napsat text, musíme displeji nejdříve zadat, kam chceme text napsat. Pomocí příkazu `display.setCursor(„šířka displeje“, „výška displeje“)` určíme kde má text začínat. Text má svoji velikost a barvu. My máme jednobarevný bílý displej. Proto musíme nastavit barvu textu na bílou. `display.setTextColor(WHITE)` nastaví barvu textu na bílou. Pokud bychom tak neučinili text by na displeji nešel vidět. Ještě můžeme nastavit velikost text. Defaultní velikost je 1. V našem případě tedy nepotřebujeme nastavovat velikost. Pokud bychom však chtěli velikost změnit, napíšeme `display.setTextSize(„číslo“, „číslo“)`. Nebo stačí napsat jedno číslo. Takto se nastaví požadovaná zvětšení šířky nebo výšky písmena. Příkaz `display.print(„nějaký text“)` nám následně nastaví zadaný text od příslušného určeného pixelu. Abychom text zobrazili na displeji použijeme příkaz `display.display()`, který nám požadovaný text zobrazí na displeji. Pokud chceme celý displej vyčistit, použijeme příkaz `display.clearDisplay()`.

5.7 Membránová klávesnice 4x5



Obrázek 21 Membránová klávesnice 4x5 [46]

V projektu se používá dvaceti tlačítková membránová klávesnice. Je využita pro ovládání systému uživatelem. Pomocí klávesnice se dá vybrat cesta na lezecké stěně, uložit. Napsat její obtížnost a zadat jméno trasy. Přes klávesnici se dají prohlížet již uložené trasy. Pokud by nebyl k dispozici displej, změna trasy by šla vidět na lezecké stěně. Sice bychom neviděli názvy ani obtížnost trasy, ale stále bychom uložené trasy mohli procházet a vybrat si tak trasu k lezení.

Klávesnice je upravená vlastními názvy tlačítek. Tlačítko F1 je přejmenováno na „Potvrdit“. F2 je „Menu“, hashtag je „Další“ a hvězdička je „Nová Cesta“. Čísla 1, 2, 3 jsou přejmenovány na a, b, c pro snadnější zadávání písmenové obtížnosti trasy. Čísla 4, 5, 6, 7, 8, 9 zůstávají pro zadání číselné obtížnosti trasy. Číslo nula je použito jako mezera při zadávání jména trasy. Ent je použit jako tlačítko „Uložit“. Jak pro ukládání cesty, tak pro ukládání jména cesty. Šipky zůstávají šipkami pro posun nahoru, dolů, doprava, doleva.

K zapojení membránové klávesnice nepotřebujeme zvlášť 5V napájení z Arduina ani zem. Klávesnici můžeme zapojit, do jakýchkoliv pinů chceme. V našem projektu jsou zapojeny do pinů dva až deset. Zapojení membránové klávesnice je tedy přímočaré.

Pro jednoduché použití klávesnice využijeme knihovny keypad.h. Její dokumentaci nalezneme na oficiálních stránkách Arduina. [47] Zde můžeme nalézt přehled funkcí knihovny i jednoduché příklady použití.

Příklady použití na stránkách Arduina tak i příklady použití v arduino IDE jsou pouze pro klávesnice typu 3x4 nebo 4x4. Proto musíme kód upravit tak aby vyhovoval naší klávesnici.

Do kódu nejdříve musíme obsáhnout knihovnu keypad.h. Tato knihovna se musí nainstalovat v arduino IDE Library manager. Jakmile ji nainstalujeme a zahrneme do našeho projektu, můžeme ji začít využívat. Díky ní můžeme klávesnice velice jednoduše používat.

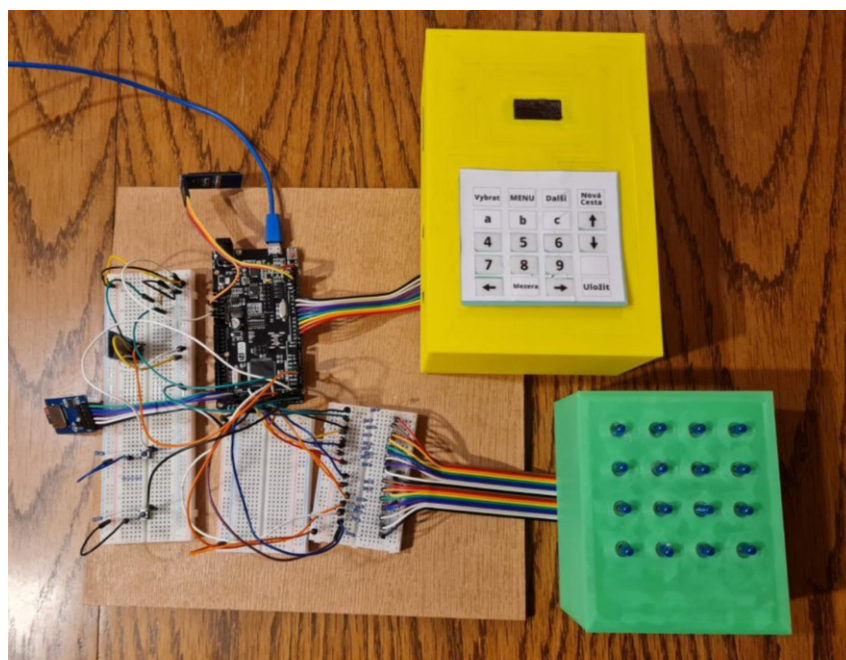
Po instalaci a zahrnutí knihovny je třeba klávesnici nakonfigurovat. Naše klávesnice má 5 řádků a čtyři sloupce. Vodiče, které z klávesnice vedou ve dvou průhledných páscích, jsou rozděleny na skupinu po čtyřech a na skupinu po pěti vodičích. Skupina pěti vodičů znázorňuje našich pět řádků. Z pravého bližšího kraje zapíšeme piny k nim připojené. Pro piny pro sloupce je skupina o 4 vodičích, pro ně zapíšeme piny z levého bližšího kraje. Pod proměnou keys můžeme do dvojrozměrného pole vepsat jakékoliv znaky chceme aby se nacházely pod určitými tlačítky. Klávesnice se pak nastaví pomocí příkazu `makeKeymap(keys)`. Klávesnice je teď připravena k používání.

Rychlý příklad využití klávesnice je v Arduino IDE v examples nebo na oficiálních stránkách Arduina.

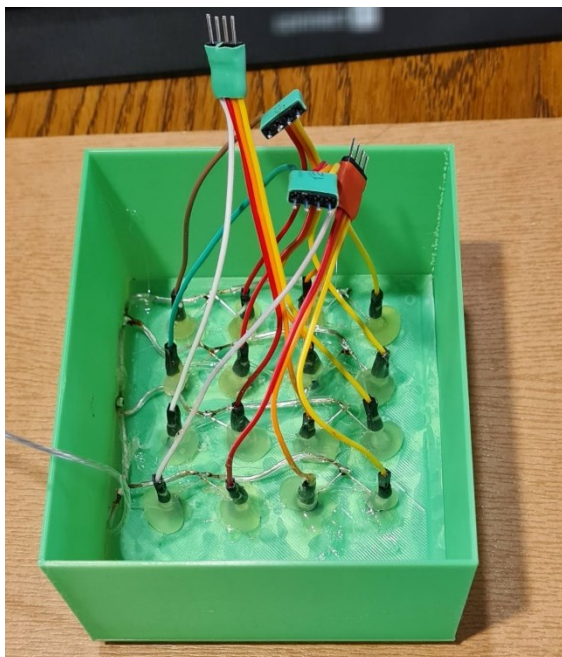
Příkaz `getKey()` poslouchá, zda byla zmáčknuta některá z kláves. Jakmile je nějaká klávesa stisknuta její hodnota se zapíše do proměnné `customKey`. V tom případě se nám do serialového monitoru vytiskne zmáčknutá hodnota.

5.8 Realizace zapojení při testování

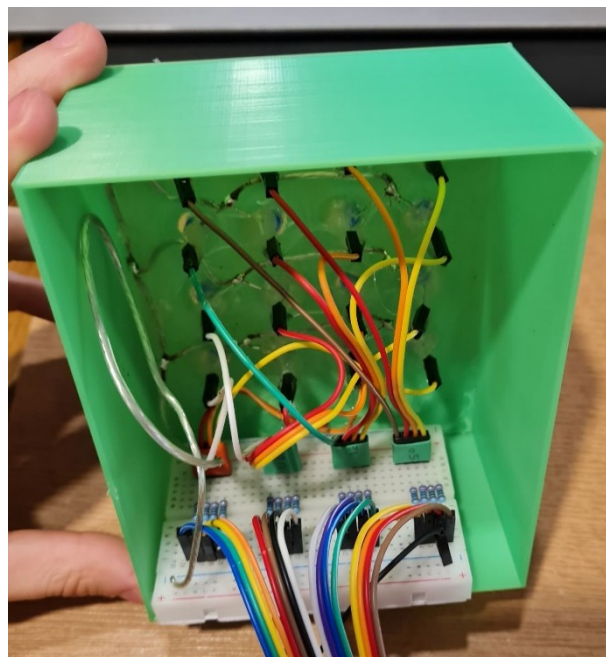
Pro ověření funkčnosti zařízení byl vytvořen prototyp s využitím především nepájivého pole kontaktních pol.



Obrázek 22 Prototyp ve fázi testování



Obrázek 23 LED diody byly přilepeny k boxu s 5 mm otvory, vytisknutém na 3D tiskárně. Katody byly napájeny ke společnému vodiči



Obrázek 25 Do boxu se svedou všechny potřebné vodiče a nepájivé pole s rezistory se nalepí na stranu boxu



Obrázek 24 Výsledný prototyp

6 OBSLUŽNÝ SOFRWARE PRO ARDUINO

System řeší několik uživatelských situací, jako je konfigurace trasy, její ukládání, procházení tras a vytvoření nové trasy. Většina funkcí je stejných jak pro vstup uživatele z membránové klávesnice, tak pro vstup uživatele z aplikace na mobilním telefonu. Některé funkce systému však nejsou dostupné v mobilní aplikaci. Tyto funkce slouží hlavně k administrativním účelům. Jedná se o nastavení sítě diod, smazání cesty a smazání všech cest.

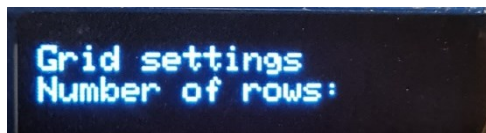
6.1 Ovládání pomocí klávesnice

Ve funkci loop() program vyhodnocuje, zda nebyla stisknuta klávesa na klávesnici. Pokud ano, zapíše hodnotu stisknuté klávesy do proměnné typu znak a porovnává ji v if podmínkách. Jakmile najde shodu, zavolá se odpovídající funkce.

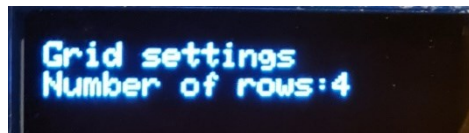
6.1.1 Uložení sítě diod

Zapsání hodnot řádků a sloupců jde udělat pouze pomocí membránové klávesnice. Tato funkce není dostupná v mobilní aplikaci. Nachází se ve funkci setup() a je spuštěna v případě, že počet Řádků a Sloupců není uložen na SD kartě. V takovém případě se na OLED displeji zobrazí požadavek na zadání počtu nejdříve řádků a pak sloupců.

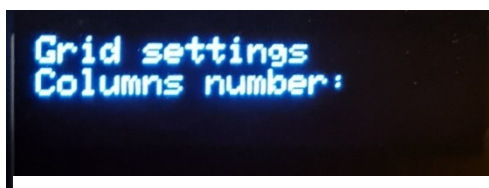
Vzhledem k tomu, že na klávesnici je omezený počet tlačítek a není zde vstup pro čísla 0-3, je zadání počtu řádků a sloupců vyřešeno pomocí šipek. Ve funkci pro získání počtu, je napsaná smyčka while, která běží až do stisknutí tlačítka „Uložit“. Mezitím funkce naslouchá, zda byla stisknuta šipka nahoru, nebo dolů. Při každém stlačení šipky nahoru se k proměnné pro vstup přičte číslo jedna na displeji zobrazí tudíž o jedna větší číslo a při stisknutí šipky dolů se od proměnné odečte číslo jedna, tím pádem se na displeji zobrazí číslo o jedna menší.



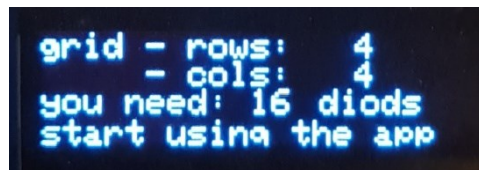
Obrázek 28 Výzva k zadání počtu řádků



Obrázek 27 Právě zvolený počet řádků



Obrázek 29 Výzva k zadání počtu sloupců



Obrázek 26 Oznámení o počtu řádků, sloupců a kolik je potřeba diod na stěně

6.1.2 Zvolení a uložení trasy

Celý program je ovládán pomocí membránové klávesnice a informace o tom co se děje se zobrazují na OLED displeji. Pomocí šipek na klávesnici se můžeme pohybovat po síti z diod nahoru, dolů, doprava, doleva. Při pohybování se šipkami se na stěně rozsvěcuje právě zvolená dioda u úchytu. Ve chvíli kdy dojdeme na konec pravé strany, další dioda se rozsvítí na prvním místě vlevo o řádek níže. Šipka vlevo nás pak dostane zpět o řádek výše na poslední diodu vpravo. Pomocí šipky nahoru zůstáváme stále v jednom sloupci a při zmáčknutí šipky nahoru u nejhornější diody se rozsvítí ta nejspodnější dioda v daném sloupci. To samé ale obráceně platí pro posouvání se šipkou dolů. Při pohybování se přes šipky se na displeji zobrazuje, co bylo stisknuto za směr. Například po stisknutí šipky nahoru se na displeji zobrazí: „going up“. Tyto pohyby po této síti jsou vyřešeny přes jednoduché výpočty za pomoci celkového počtu diod, počtu řádků a sloupců a proměnné diodN, která znázorňuje pozici v této síti diod. Ukázka kódu pro pohyb nahoru:

```
void goUp() {
    digitalWrite(diodN + 30, LOW);
    for (int i = 0; i < nDiods; i++) {
        digitalWrite(path[i], HIGH);
    }
    if ( diodN < colsN ) {
        diodN += nDiods - colsN;
    } else {
        diodN -= colsN;
    }
    digitalWrite(diodN + 30, HIGH);

    display.print("going up");
}
```

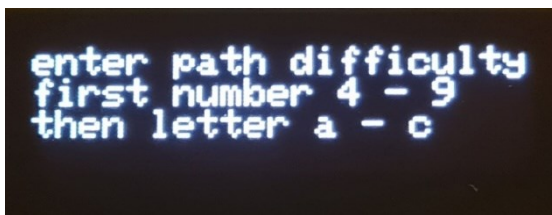
Jakmile dojdeme k diodě, kterou chceme ponechat rozsvícenou, stiskneme tlačítko potvrdit. Číslo diody se zapíše do pole celých čísel, které v sobě uchovává čísla odpovídající rozsvíceným diodám. Na displeji se zobrazí: „saving diod to path“. Takto postupně zvolíme všechny diody, z kterých chceme poskládat trasu. Takto můžeme zaplnit celými čísly celé pole, jehož délka odpovídá počtu diod. Pole celých čísel je procházeno for smyčkou, na každou hodnotu je zavolána funkce pro rozsvícení diody. V případech, kdy je vepsáno validní číslo, rozsvítí se odpovídající dioda. Jakmile máme všechny diody zvolené, stiskneme tlačítko uložit, pro uložení trasy.

Trasa se ukládá do uzlů v spojovém listu. Pro jeho používání byly zavedeny nové datové typy jako například typ pro uzel List_Node_t, který obsahuje ukazatel na celé číslo,

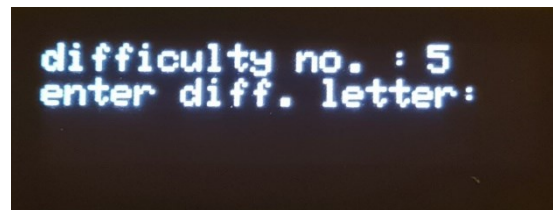
kde se bude dynamicky dle potřeby vytvářet pole pro uložení cesty, velikosti o množství diod. Dále máme proměnou pro uložení obtížnosti cesty, která je pevně daná o délce 3 znaky. Uložení jména cesty je zařízeno přes ukazovatele na znak. Zde se bude dynamicky vytvářet pole dle délky názvu cesty. Součástí nového datového typu je i ukazatel na samotný datový typ.

Pro uložení trasy se tedy vytvoří nový uzel v listu, do jeho proměnné pro cestu se přes for smyčku vepíše právě svítící diody a zavolá se funkce, která po uživateli vyžaduje zadání obtížnosti. Používá se francouzské hodnocení obtížnosti. [2] První se zadá číslo 4 až 9. Číslo se zobrazí na displeji a uživatel je vyzván k zadání písmena a-c.

V této funkci je while smyčka, která běží tak dlouho, dokud nejsou zadány požadované hodnoty. Funkce naplní globální proměnnou pro ukládání obtížnosti pole znaků. Z ní se pak přečtou hodnoty a uloží se do proměnné pro obtížnost vytvořené v novém uzlu listu.

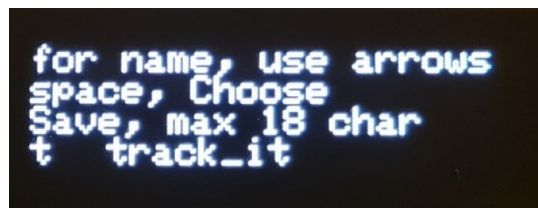


Obrázek 31 Vyzvání uživatele k zadání obtížnosti



Obrázek 30 Číslo již bylo zadáno, teď výzva pro zadání písmena

Podobným způsobem se po uživateli vyžádá i zadání názvu cesty. Ve funkci pro zadání názvu běží kód ve while smyčce dokud není stisknuto tlačítko „Uložit“. V této smyčce program naslouchá, zda není stisknuta šipka nahoru či dolů, „Mezera“ anebo „Potvrdit“. Při stisku šipek se mění pozice v poli znaků. Toto pole je zaplněno malými písmeny anglické abecedy. V poli se jde pohybovat vždy o jednu pozici. Pokud se dojde nakonec pole, přepíše se pozice v poli na nulu a tím pádem se pole začne procházet od začátku.



Obrázek 32 Zadání názvu trasy

Na displeji uživatel vidí návod jak zadat trasu a písmeno „a“. Pomocí šipek nahoru a dolů prochází abecedu. Na displeji se zobrazuje právě zvolené písmeno. Do globální proměnné pole znaků, se postupně zapisují zvolená písmena. Nebo v případě stisknutí Mezery, se zapíše podtržítka, aby šlo na displeji vidět oddělení od prvního slova. Klávesa „Potvrdit“ zapisuje znaky na příslušná místa v poli a kontroluje délku slova.

Jakmile uživatel dopíše název cesty, stiskne tlačítko „Uložit“. Na displeji se zobrazí zpráva „Path saved, climb climb.“

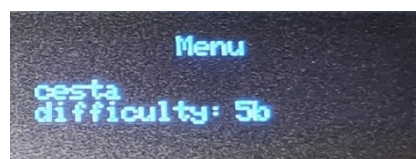
Program zjistí délku názvu trasy a v uzlu vytvoří potřebně dlouhé pole znaků pro zapsání trasy. Potom přes for smyčku přepíše hodnoty z globální proměnné do vytvořeného pole v uzlu.

V případě že uživatel nechce cestu ukládat, nebo nechce psát obtížnost, než cestu vyleze, nemusí. Po nastavení cesty zůstane cesta i bez uložení svítit na lezecké stěně dokud někdo nestiskne tlačítko pro novou cestu. Není napsaná žádná funkce, která by rozsvícenou cestu po určité době zhasínala.

6.1.3 Procházení

Pokud se chceme podívat na již uložené trasy, stačí zmáčknout tlačítko označené „Menu“. Po jeho zmáčknutí se nastaví globální proměnná ukazatel na první uzel v listu. Vzhledem k tomu, že se trasy do listu přidávají vždy na jeho začátek, tak se zobrazí poslední uložená trasy.

Ve for smyčce se projdou data uložená v uzlu a rozsvítí se odpovídající diody na stěně. Na displej se vepíše název a obtížnost cesty získané z uzlu.



Obrázek 33 Menu na OLED displeji

Pro listování v trasách musí uživatel zmáčknout tlačítko „Další“. V takovém případě nejdříve funkce zkontroluje, zdali je nastavený globální ukazatel na aktuální uzel. (To pro případ, že by bylo stisknuto tlačítko „Další“ před stlačením tlačítka „Menu“.) Pokud je ukazatel nulový zavolá se funkce pro zobrazení menu. Ta nastaví ukazatel na první uzel v listu a pošle jej zpět. Pokud není v listu žádný uzel, funkce vytiskne na displej, že není žádná trasa uložena. Pokud je na první pozici listu uzel můžeme pokračovat ve funkci. Ukazatel na

předchozí uzel nastavíme na nynější uzel a ukazatel na nynější uzel posuneme na další uzel v listu. Pokud je další uzel nulový tak se posuneme zpět na začátek listu na první uzel.

Pro zobrazení další cesty nejdříve ve for smyčce rychle projdeme všechny diody a zhasneme je. Následně další smyčkou projdeme pole celých čísel s uloženými daty pro číselné označení pinů daných diod a rozsvítíme odpovídající diody na lezecké stěně. Do dočasných proměnných typu Řetězec se zapíše název trasy z uzlu a obtížnost. Následně se zobrazí hodnoty na displeji.

6.1.4 Nová cesta

Pokud na lezecké stěně svítí nastavená cesta z diod a uživatel chce zadat novou trasu, stačí stisknout klávesu „Nová Cesta“. Funkce pro novou trasu vynuluje globální proměnnou pole celých čísel pro ukládání diod a připraví ji tak k dalšímu použití. Ve for smyčce se projdou všechny diody na stěně a vypnou se. Následně se samostatně rozsvítí první dioda v síti. Vynuluje se pozice pro zapisování diod do trasy a proměnná znázorňující pozici diody se dá na začátek trasy, tedy také na nulu. Na displeji se zobrazí zpráva, že je systém připraven pro zadání nové cesty. Teď už můžeme, jak již bylo výše popsáno, vybrat cestu pomocí šipek na klávesnici.

6.1.5 Smazání všech cest

Tato funkce jde zavolat pouze za použití hardwarové realizace. Pokud stiskneme samostatně oddělený spínač pod nápisem „Smazat všechny trasy“ pak se přesuneme do funkce pro smazání všech uzlů v listu. Funkce deletePaths() volá funkci na smazání prvního uzlu v listu ve while smyčce dokud není (`list->first == NULL`) jakmile dojde smyčka dokonce, jsou všechny uzly v listu smazány. Ve funkci pro smazání prvního uzlu v listu se jako první zkontroluje, jestli se ukazatel na první uzel v listu shoduje s ukazatelem na předcházející uzel, v takovém případě se ukazatel na předcházející uzel vynuluje.

Vytvoří se dočasná proměnná, do které se uloží první uzel v listu. Ukazatel na první uzel v listu se přepíše následujícím uzlem v listu. Vzhledem k tomu, že jsme pro zabránění požadované paměti v uzlu pro dvě proměnné použili „new“, teď je musíme smazat za pomocí „delete“. Po jejich smazání, smažeme i proměnnou temp pomocí funkce free().

6.1.6 Smazání právě prohlížené cesty

Tato funkce jde taktéž zavolat pouze za použití hardwarové realizace. V případě, že chceme smazat právě prohlíženou trasu, zmáčkneme spínač pod nadpisem „Smazat trasu“.

Smazání určitého uzlu v listu je řešeno pomocí globálního ukazatele na předchozí cestu. Kam globální ukazatel na předchozí uzel ukazuje, nastavujeme ve funkcích pro vytvoření uzlu, nebo při procházení listu za pomoci funkcí pro zobrazení Menu a funkce pro zobrazení dalšího uzlu v listu.

Funkce pro smazání právě prohlížené cesty první zkontroluje, jestli uzel není jediným uzlem v listu za pomoci podmínky `if`. Pokud ano zavolá se funkce pro smazání prvního uzlu.

Pokud je globální ukazatel nenulový a zároveň následující uzel po ukazateli na předcházející uzel je naplněný, znamená to, že v listu je více jak jeden uzel a mazat budeme odlišným způsobem. Nejdříve vytvoříme dočasný ukazatel `tmp` na `List_Node_t` a uložíme do něj následující uzel od ukazatele na předešlý uzel. Tím se nám do `tmp` uloží data právě prohlíženého uzlu. Následující uzel po ukazateli na předešlý uzel přepíšeme ještě tím následujícím. Pomocí `delete` smažeme data, pro která jsme zabrali paměť pomocí `new` a smažeme `tmp` pomocí funkce `free()`.

Ukazatel na nynější uzel, který právě ukazuje na smazané místo v paměti, nastavíme na `NULL`. Zhasneme všechny diody a zavoláme funkci na zobrazení Menu.

6.2 Ovládání pomocí mobilní aplikace

Mobilní aplikace byla vytvořena pomocí Frameworku Ionic, který má dostupnou knihovnu [38] pro komunikaci s Arduinem přes Bluetooth. Mobilní aplikace si vyměňuje data s Arduinem pomocí sériové komunikace. Tato komunikace je v programu ovládána pomocí dvou funkcí. Pro posílání dat z Arduina do mobilní aplikace je to příkaz: `Serial1.print()` a pro posílání dat z mobilní aplikace do Arduina je to příkaz: `this.bluetoothSerial.write()`. Veškeré posílání dat probíhá pomocí těchto dvou příkazů. Data jsou vždy posílána jako řetězce. Detailní návod pro vytvoření této aplikace je sepsán a přiložen v Příloze.

Pro ovládání pomocí mobilní aplikace je zapotřebí nejdříve aplikaci stáhnout. O tomto by byl uživatel informován pomocí oznámení, nalepeném na stěně. Byl by zde QR kód pro rychlé nalezení aplikace a informace jak spárovat zařízení pomocí Bluetooth.

6.2.1 Sériová komunikace s Arduinem

Sériové komunikace Arduina s dalším zařízením probíhá přes sériové UART piny. UART je universální asynchronní přijímač a vysílač. Je to hardware, který za pomoci dvou pinů dokáže přijímat a odesílat data. Tyto piny jsou označeny jako TX a RX. TX jako

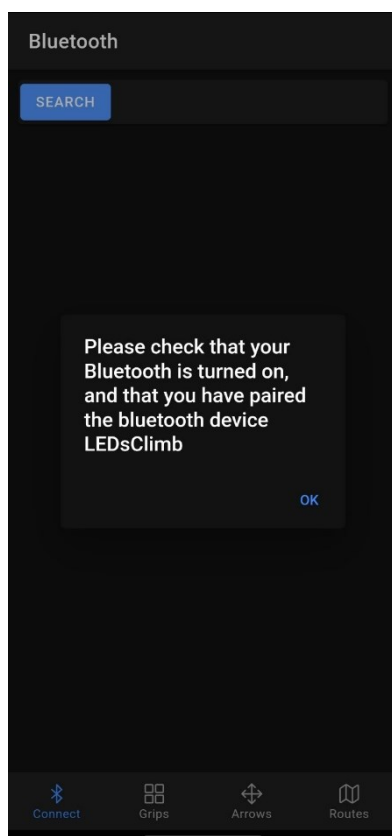
Transmitter v překladu vysílač a RX jako Receiver v překladu přijímač. Tato komunikace je asynchronní a oba piny obsahují svůj generátor hodinového signálu, kterým se UART řídí. Přes UART se posílají data bit po bitu. Tyto data jsou ohraničena začínajícím a ukončujícím bitem. Přesné načasování zajišťuje komunikační kanál. [39]

Všechny Arduino desky mají aspoň jeden sériový port UART. Pro posílání dat přes Bluetooth rozhraní připojíme k UART pinům Bluetooth modul jak je výše popsáno v hardwarové realizaci. Posílání je obstaráno Arduino knihovnou Serial. Funkce Serial1.print() [40] pošle data do sériového portu 1, kde je zapojený Bluetooth modul, který tyto informace posílá do zařízení, které je k němu připojeno. Funkce print používá ASCII znaky. [41] Ty jsou posílány po jednotlivých bajtech. Serial.print("Hello world.") pošle řetězec "Hello world." Znak po znaku. Tedy bajt po bajtu.

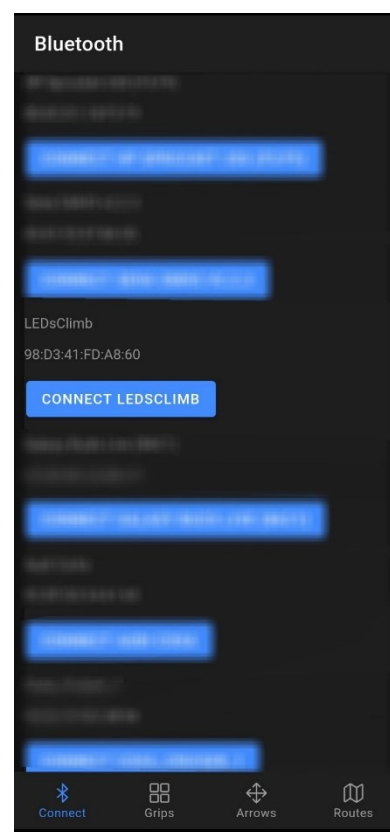
V celém programu pro Arduino je pro zasílání informací z Arduina do mobilní aplikace použita pouze tato funkce. [33]

6.2.2 Připojení k Bluetooth

Připojení k Bluetooth modulu se odehrává pouze v mobilním zařízení za pomoci Ionic Bluetooth serial knihovny. Při spuštění mobilní aplikace se uživatel ocitne na první



Obrázek 35 Upozornění pro zapnutí Bluetooth



Obrázek 34 Spárovaná zařízení

kartě aplikace pod symbolem Bluetooth, kde je uživatel vyzván k vyhledání Bluetooth modulu pro připojení. Po stisknutí tlačítka „SEARCH“ se volá funkce, která nejdříve zkontroluje, zdali je zapnuté Bluetooth v mobilním zařízení. Pokud není zapnuto, na displeji se uživateli zobrazí upozornění, aby tak učinil.

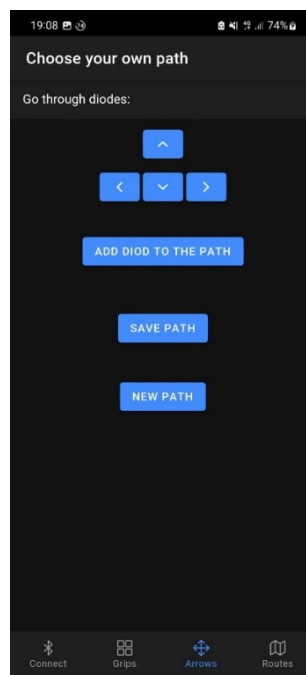
Pokud je vše v pořádku spustí se funkce na výpis zařízení. Pomocí for smyčky projdeme všechna spárovaná zařízení a vypíšeme je v okně aplikace. V HTML kódu se vždy vypíše jméno, adresa a tlačítko s názvem Connect plus jméno Bluetooth zařízení.

Uživatel vybere zařízení LEDsclimb. Aplikace se pokusí připojit k zařízení pomocí adresy zařízení, jestli vše proběhlo v pořádku je uživateli oznámeno, že je připojen a může jít ovládat zařízení. Také se zobrazí tlačítko DISCONNECT, pro případné odpojení. V opačném případě se zobrazí upozornění: „Something went wrong, try again.“

6.2.3 Konfigurace trasy možnost č.1

V kartě pod ikonou šipek je konfigurace trasy udělaná tím samym způsobem jako při použití hardwarové klávesnice. Na obrazovce se uživateli zobrazí ovládání pomocí šipek nahoru, dolů, doprava, doleva. Tlačítko „ADD DIOID TO THE PATH“, „SAVE PATH“ a „NEW PATH“.

Pomocí šipek se pohybujeme po síti diod v zadaném směru. Při stisku šipky se vždy do Arduina pošle ten samý znak, který se nachází pod šipkou na membránové klávesnici. Program v Arduinu pak jen naslouchá, zda nejsou k dispozici data na Serial1 komunikačním



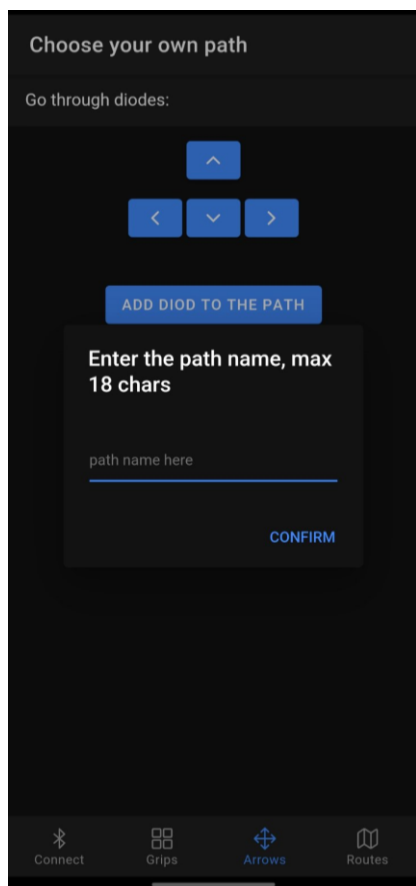
Obrázek 36 Ovládání za pomoci šipek

kanále. Pokud ano, přečte data, uloží je do proměnné a porovnává je v if podmínkách ve funkci loop. Je to ta samá proměnná, do které se zapisuje znak při stisku klávesy.

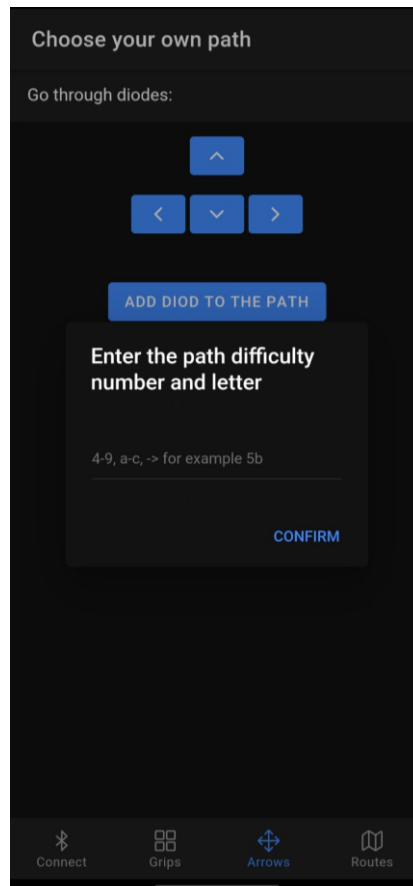
Na lezecké stěně se diody rozsvěčují a zhasínají při každém zmáčknutí šipky. Jakmile dojdeme k diodě, kterou chceme ponechat rozsvícenou, stiskneme tlačítko „ADD DIOD TO THE PATH“. Do Arduina se pošle ten samý znak jako při stisknutí klávesy „Potvrdit“ na membránové klávesnici. Dioda se uloží do cesty stejně jako při stisku klávesy a uživatel pokračuje ve vybírání další diody. Po vybrání všech žádoucích diod zmáčkne uživatel tlačítko „SAVE PATH“.

Po stisknutí se uživateli zobrazí okénko na zadání obtížnosti trasy, které je omezeno na pouze dva charaktery. Pro zadání obtížnosti má uživatel k dispozici klávesnici svého telefonu. Po odeslání obtížnosti je uživatel obratem vyzván k zadání jména. Znovu ho může zadat pomocí klávesnice na svém telefonu. Jméno trasy je omezené na 18 charakterů. Data se postupně posílají do Arduina.

Zde je změna. Do Arduina se pošle znak volající funkci pro uložení cesty přes mobilní aplikaci. V Arduinu se tak zavolá funkce, která čeká na vstup od uživatele přes Bluetooth rozhraní. Je zde smyčka čekající dokud není Serial1 k dispozici. Takže má



Obrázek 37 Zadání názvu cesty



Obrázek 38 Zadání obtížnosti

uživatel čas na zadání obtížnosti i jména trasy. To je posláno jako řetězec znaků do Arduina. Zde se vytvoří nový uzel pro tuto cestu a přijaté řetězce z mobilní aplikace se zde uloží.

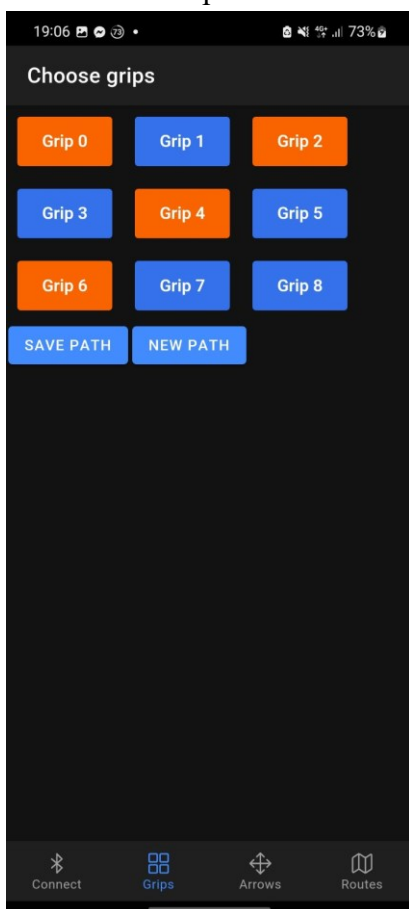
Pokud chceme vytvořit novou trasu, stiskneme tlačítko „NEW PATH“. Toto tlačítko odešle do Arduina znak shodující se se znakem pro klávesu „Nová Cesta“ na klávesnici. Volá se tedy stejná funkce, jak již byla výše popsána.

Přes for smyčku se zhasnou všechny diody. Rozsvítí se první dioda a vynulují se potřebné globální proměnné. Aplikace je připravená pro zadání nové trasy.

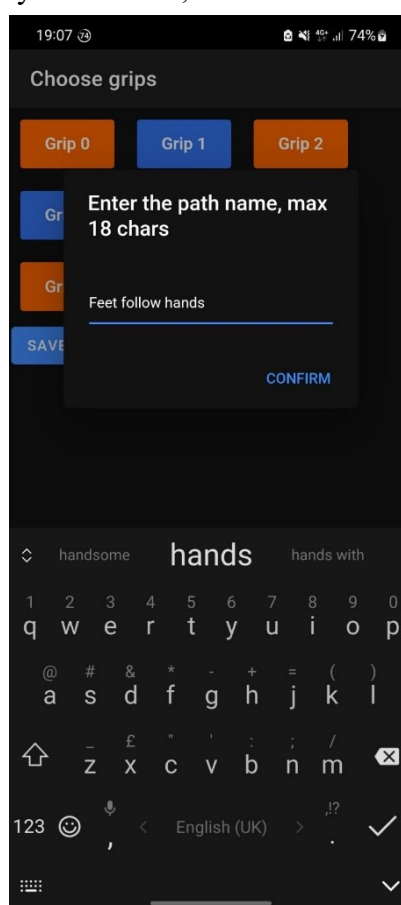
6.2.4 Konfigurace trasy možnost č.2

V kartě pod ikonou čtyř čtverečků s názvem „Grips“ nalezneme ovládání pomocí tlačítek znázorňujících diody. Každá dioda má své odpovídající tlačítko. Při počtu 9 diod bude tedy zobrazeno 9 tlačítek dle sloupců a řádků zadaných v nastavení sítě diod.

Počet diod se aplikace dozví pomocí výměny informací s Arduinem. Jakmile se otevře okno Grips do Arduina se pošle znak „S“. Arduino znak přečte a přejde do funkce pro poslání nastavení. Funkce pošle do mobilní aplikace počet řádků a sloupců oddělených čárkou. Mobilní aplikace zde chvíli počká, aby bylo zaručeno, že data z Arduina již přišly a



Obrázek 40 Tlačítka znázorňující diody



Obrázek 39 Zadání názvu cesty

čekají v bufferu na přečtení. Následně se data přečtou a vynásobí, dle získaného celkového počtu diod se přes funkci JavaScriptu pro vytvoření elementu vytvoří požadovaný počet tlačítek s přiřazeným unikátním ID. Tlačítka se zobrazí v okně.

První dioda, tedy dioda se souřadnicemi 0,0 je rozsvěcená a její tlačítko je oranžové. Ostatní tlačítka jsou modré barvy a diody jsou zhasnuté, pokud na tlačítko klikneme, změní barvu na oranžovou a dioda na lezecké stěně se rozsvítí. Pokud na tlačítko klikneme znovu, dioda zhasne a tlačítko v telefonu změní barvu zpět na modrou.

V Arduinu jsou dvě funkce pro tento případ užití, obě po jejich zavolání čekají na přijetí čísla diody. Jedna funkce zhasíná diody a druhá je rozsvěcuje. Ani jedna funkce v Arduinu rozsvěcené diody nikam nezapíše. To se děje v kódu mobilní aplikace. Na příslušné pozice se v poli zapisují čísla znázorňující rozsvěcenou diodu. Pokud se dioda zhasne, příslušná pozice se přepíše nulou.

Pomocí různě barevných tlačítek můžeme přehledně vidět, které diody jsou rozsvícené. Tato konfigurace trasy je jediným případem užití, kde se dá již zvolená dioda znovu zhasnout. Jak uživatel dokončí nastavení trasy, stiskne tlačítko „SAVE PATH“.

Do Arduina se začnou posílat data. Nejdříve se pošle znak vybírající správnou funkci pro uložení trasy. Následně se zašle řetězec čísel oddělených čárkou znázorňujících diody zvolené trasy. V Arduinu se řetězec vezme, oddělí se pomocí znaku oddělovače, v tomto případě je to čárka, převede se do celého čísla a uloží se do nově vytvořeného pole celých čísel v nově vytvořeném uzlu přes for smyčku.

Následně je uživatel vyzván upozorněním k zadání obtížnosti trasy, a jejího jména pomocí těch samých funkcí, které se využily při konfiguraci trasy číslo 1.

Pokud uživatel stiskne tlačítko „NEW PATH“ odešle se do Arduina znak shodující se se znakem pro klávesu „Nová Cesta“ na klávesnici. Volá se tedy stejná funkce, jak již byla výše popsána.

V Arduinu se přes for smyčku se zhasnou všechny diody. Rozsvítí se první dioda a vynulují se potřebné globální proměnné. Na lezecké stěně všechny diody zhasnou až na první diodu nahoře vlevo. Aplikace je připravená pro zadání nové trasy.

6.2.5 Prohlížení tras

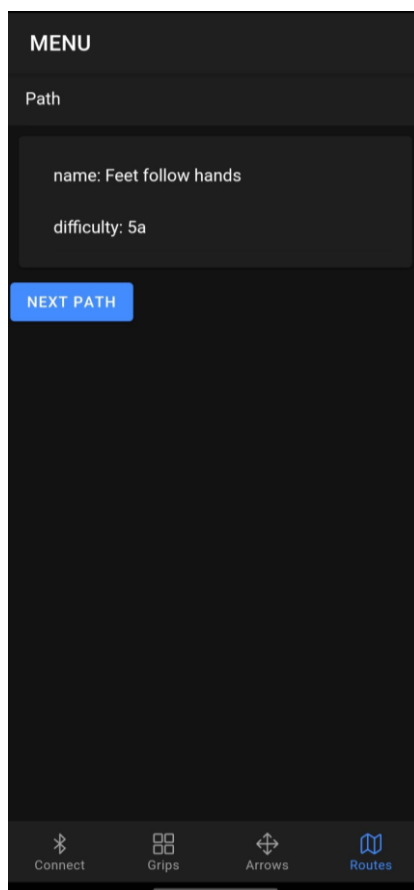
Otevřením karty se symbolem mapy a názvem „Routes“ se dostaneme do poslední karty naší aplikace. V tomto okně můžeme vidět políčko pro název a obtížnost trasy, dále tlačítko

s názvem „NEXT PATH“ pro listování v trasách. Po otevření karty se zobrazí poslední uložená trasa. Její jméno se vepíše do políčka „name:“ a její obtížnost se napíše do políčka „difficulty:“. Na lezecké stěně svítí odpovídající diody pro danou trasu.

Při otevření tohoto okna se do Arduina poslal znak pro zavolání funkce, která pošle zpět do mobilní aplikace jméno a obtížnost prvního uzlu. Mobilní aplikace data přečte a zobrazí. Samotná trasa se do mobilní aplikace neposílá, není důvod. Trasu rozsvítí Arduino hned po poslání jména a obtížnosti.

Tlačítkem „NEXT PATH“ se posuneme na další trasu v pořadí. Na lezecké stěně se rozsvítí pouze odpovídající diody pro danou trasu. Políčka „name:“ a „difficulty:“ se přepíše odpovídajícími hodnoty.

Tlačítkem „NEXT PATH“ se pošle znak volající funkci pro další cestu v listu. V Arduinu se ukazatel na nynější uzel listu posune na následující a jeho data se pošlou zpět do mobilní aplikace



Obrázek 41 Zobrazení údajů o cestě

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvoření systému pro zobrazování tras na lezecké stěně. V projektu se především řešila jeho univerzálnost. Všechny dosavadní systémy vyznačující trasy na lezeckých stěnách pomocí LED diod mají společnou jednu nevýhodu a tou jsou pevně dané parametry jako je velikost stěny a samotné typy chytů na ní. Pokud bychom si chtěli koupit jeden z dosavadních LED systémů na vyznačení tras, bylo by zapotřebí vytvořit přesný rozměr stěny, a navíc k tomu koupit nové chyty, které jsou pevně dané v aplikaci.

Navržený systém vyžaduje pouze zakoupení systému s LED diodami. Tento systém se navíc přizpůsobí již hotové stěně. Výsledkem práce je ucelené řešení pro univerzální konfiguraci tras na lezeckých stěnách různých velikostí. Trasy je možno nastavit jak přes klávesnici, tak i pomocí mobilní aplikace přes Bluetooth rozhraní.

Vzhledem k tomu, že v mobilní aplikaci jsou chyty znázorněny pomocí tlačítek, a ne jako v ostatních aplikacích pomocí předem pevně daného grafického prostředí, je i mobilní aplikace použitelná pro všechny návrhy individuálních sítí diod.

Práce je zatím realizována jako prototyp s využitím nepájivého pole, ale plánuje se její dokončení a zhotovení na lezecké stěně v dětském bezbariérovém centru v Kateřiněch.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Ze dne 12. srpna 2009, podle § 194 písm. a) zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://mmr.cz/getmedia/2bf72909-e837-4dc8-9488-599950e8f9f6/Vyhlasaka-MMR-268-2009>
- [2] Alpinist [online]. Alpinist: Alpinist, 2022 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <http://www.alpinist.com/p/online/grades>
- [3] Co je to bouldering: Technické parametry [online]. Brno: Internet, 2010 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <http://flashbb.cz/o-boulderu>
- [4] BRUNEROVÁ, Sára. 3 ZÁKLADNÍ ROZDÍLY MEZI BOULDEROVKOU A LEZECKOU STĚNOU: Absence lana [online]. Bolatice: Lanex, 2020 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.lanexeshop.cz/cs/3-zakladni-rozdily-mezi-boulderovkou-a-lezeckou-stenou/a-109/>
- [5] SPAETH, Jonathan. How to attach climbing holds?: Attaching Bolt-on Holds [online]. Georgia: Elevated Adventurer, 2021 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://elevatedadventurer.com/everything-you-should-know-about-holds-for-your-diy-climbing-wall-at-home/>
- [6] Jaké jsou rozměry velikostí chytů? [online]. Jablonec nad Nisou: Makak, 2022 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://shop.makak.cz/caste-dotazy.html>
- [7] Kolik chytů mám umístit na 1m2? [online]. Jablonec nad Nisou: Makak, 2022 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://shop.makak.cz/caste-dotazy.html>
- [8] BLICE, Tom. HOW TO CLEAN ROCK CLIMBING HOLDS: A SIMPLE GUIDE: Using a Pressure Washer [online]. New York: Outdoor Adventure, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://outingtribe.com/how-to-clean-rock-climbing-holds/>
- [9] ALLEN, Chris. Top Rope Climbing – The Ultimate Guide [online]. US: Adventure School, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.myadventureschool.com/top-rope-climbing/>
- [10] WHITE, John. The Indoor Climbing Manual [online]. [London]: Bloomsbury Publishing, 2014 [cit. 2022-04-16]. ISBN 9781408186640. Dostupné z: <https://www.bloomsbury.com/us/indoor-climbing-manual-9781408186640/>

- [11] TKACZ, Carlos. MOONBOARD 101 [online]. [Alberta]: Flashed, 2021 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.flashed.com/explore/article/moonboard/>
- [12] MoonBoard DIY Kit - 2017 [online]. [Sheffield]: Moon Climbing, 2021 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://moonclimbing.com/moonboard/kits-and-packages/moonboard-diy-kit-2017.html>
- [13] SOUSA, Filipe. REVIEW FROM FILIPE SOUSA [online]. Google Play: Google, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.moonclimbing.moonboard&hl=en&gl=US&reviewId=gp%3AAOqpTOGuhZ_YBnbJDZi1EOwPnQq-qi6nW45gpPIoChqaORyiZ2DIJUAWLtUIMjtMYO9ZynVoJt9_fo1GC3Bo8o
- [14] MURRAY, Richard. REVIEW FROM RICHARD MURRAY [online]. Google Play: Google, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.moonclimbing.moonboard&hl=en&gl=US&reviewId=gp%3AAOqpTOE1u8pyKqvzPK96Z7vkG2B6SQOJw1D3BYZisDJBfGRcNs8Jz8MigZCN6xYfOGZ8isbgZ9nSnmb_uNqzh7I
- [15] WEBELECTRIX. Moon Climbing - MoonBoard: Snímek obrazovky mobilní aplikace [online]. Google Play: Google, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.moonclimbing.moonboard&hl=en&gl=US>
- [16] Arduino MEGA+WiFi ATmega2560+ESP8266 4Mb CH340G: Detailní popis produktu [online]. Rychnov nad Kněžnou: Laskakit, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/arduino-mega-wifi-atmega2560-esp8266-4mb-ch340g/>
- [17] ESP8266 ESP-01 WIFI TCP/IP: Popis produktu [online]. [Havlíčkův Brod]: ECLIPSERA s.r.o., 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: https://dratek.cz/arduino/911-internet-veci-je-tady-tcp-ip-wifi-esp8266-esp-01.html?gclid=CjwKCAjw7IeUBhBbEiwADhiEMTeXOdGY49egJXci1OlknoGo1N-ufqzMjPScF8FlQYR3qUXtDwMvcBoC6c4QAvD_BwE#tab-popis
- [18] Arduino Mega2560 rev3, originál: Detailní popis produktu [online]. [Rychlov nad Kněžnou]: Laskakit, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/arduino-mega2560-rev3-->

[original/?gclid=CjwKCAjw7IeUBhBbEiwADhiEMZajJkEN15r6mBjjDvNAAbYOeLYKk9db61iXxckVtKWIf5yszHXgxxoCovsQAvD_BwE](https://www.laskakit.cz/Bluetooth-modul-hc-06-ttl/)

- [19] Bluetooth modul HC-06 TTL: Detailní popis produktu [online]. [Rychlov nad Kněžnou]: Laskakit, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/Bluetooth-modul-hc-06-ttl/>
- [20] Membránová maticová klávesnice s 20 tlačítky (4x5): Popis produktu [online]. [Nymburk]: Pájeničko s.r.o, 2022 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://pajenicko.cz/membranova-maticova-klavesnice-s-20-tlacitky-4x5>
- [21] Wikipedia contributors. Membrane keyboard [online]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2022 Apr 23, 16:41 UTC [cited 2022 May 16]. Available from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Membrane_keyboard&oldid=1084286270.
- [22] Boulder: Fotografie Boulder lezecká stěna [online]. [Katy Mills Pkwy]: Momentum Indoor Climbing Katy, 2017 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/MomentumKaty/photos/1741533966144303>
- [23] Lezecká stěna: Fotografie lezecká stěna Vertikon-Singing Rock [online]. Zlín: Vertikon-Singing Rock, 2022 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/VertikonZlin/photos/pcb.5011365805596234/5011346272264854/>
- [24] Freestanding MoonBoard Kit & Pad System: Fotografie Freestanding MoonBoard [online]. [Sheffield]: Moon Climbing, 2021 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://moonclimbing.com/training-equipment/moonboard/moonboard-kits-and-packages/freestanding-moonboard-kit-pad-system.html>
- [25] PATTABIRAMAN, Krishna. HOW TO SET UP A KEYPAD ON AN ARDUINO: HOW KEYPADS WORK [online]. Internet: Circuit Basics, 2022 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.circuitbasics.com/how-to-set-up-a-keypad-on-an-arduino>
- [26] PATTABIRAMAN, Krishna. HOW TO SET UP A KEYPAD ON AN ARDUINO: Fotografie konstrukce klávesnice [online]. Internet: Circuit Basics, 2022 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2017/05/How-to-Set-Up-a-Keypad-on-an-Arduino-Back-Side-of-Keypad.jpg>

- [27] PATTABIRAMAN, Krishna. HOW TO SET UP A KEYPAD ON AN ARDUINO: Schéma membránové klávesnice, řádky LOW, sloupce HIGH [online]. Internet: Circuit Basics, 2022 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2017/05/Arduino-Keypad-Tutorial-How-the-Keypad-Works-STEP-1.png>
- [28] PATTABIRAMAN, Krishna. HOW TO SET UP A KEYPAD ON AN ARDUINO: Schéma membránové klávesnice, řádky LOW, druhý sloupec LOW [online]. Internet: Circuit Basics, 2022 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2017/05/Arduino-Keypad-Tutorial-How-the-Keypad-Works-STEP-2.png>
- [29] PATTABIRAMAN, Krishna. HOW TO SET UP A KEYPAD ON AN ARDUINO: Schéma membránové klávesnice, první řádek HIGH, sloupce LOW [online]. Internet: Circuit Basics, 2022 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2017/05/Arduino-Keypad-Tutorial-How-the-Keypad-Works-STEP-3.png>
- [30] PATTABIRAMAN, Krishna. HOW TO SET UP A KEYPAD ON AN ARDUINO: Schéma membránové klávesnice, druhý řádek HIGH, druhý sloupce HIGH [online]. Internet: Circuit Basics, 2022 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2017/05/Arduino-Keypad-Tutorial-How-the-Keypad-Works-STEP-4.png>
- [31] Fritzing download [online]. Počítačová společnost: FritzingOrg, 2022 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://fritzing.org/download/>
- [32] LED dioda: Výrobce: MULTICOMP PRO [online]. Armley Road: Eshop Farnell, 2022 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://cz.farnell.com/multicomp/703-0100/led-5mm-red-400mcd-643nm/dp/2112111>
- [33] Serial: [Communication] [online]. arduino.cc: Arduino, 2022 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/>
- [34] FRAJDL, Martin. Bluetooth modul HC-06: Konfigurace Bluetooth modulu HC-06 a příklad použití v Arduino IDE [online]. blog.laskarduino.cz: laskakit.cz, 2020 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://blog.laskarduino.cz/Bluetooth-modul-hc-06/>

- [35] Library SD: Usage [online]. arduino.cc: Arduino, 2020 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/sd/>
- [36] Nejvyšší horolezecká stěna v ČR: Duro Salewa [online]. Brno: Hoře Zdar, 2017 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://horezdar.cz/nejvyssi-horolezecka-stena/>
- [37] KOTELNA BOULDER CLUB: Moderní bouldrovka s tradicí [online]. Brno: Kotelna, 2022 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://kotelna-boulder8.webnode.cz/>
- [38] Bluetooth Serial [online]. Ionicframework.com: Ionic, 2022 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://ionicframework.com/docs/native/Bluetooth-serial>
- [39] SLINTÁK, Vlastimil. Arduino a sériová komunikace: Co je to UART [online]. uart.cz: uart, 2011 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://uart.cz/139/arduino-a-seriova-komunikace/>
- [40] Serial.print() [online]. arduino.cc: Arduino, 2022 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/print/>
- [41] ASCII Table [online]. Grandville: asciitable, 2022 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.asciitable.com/>
- [42] KIMMEL, Christopher. Indoor Rock Climbing 101:: Fotografie: vyznačené trasy pomocí pásků pod chyty [online]. California: Condé Nast, 2019 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.self.com/story/indoor-rock-climbing-101>
- [43] Climbing gym Hlubina: Fotografie: vyznačené trasy pomocí barevných chytů [online]. Ostrava-Vítkovice: SINGING ROCK, 2019 - 2022 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.singingrock.com/climbing-gym-hlubina>
- [44] MicroSD Card modul SPI: Fotografie: microSD Card modul [online]. Laskakit.cz: Laskakit, 2022 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/microsd-card-modul-spi/?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYuvyRzXqwdjU7OEptKlfcMoo4BtIc5cBqag1pvMM5zd4HtEb7rknQkUaAIY5EALw_wcB
- [45] IIC I2C Displej OLED 0.91" 128x32 Bílý 3,3 V 5V Pro IOT Arduino Raspbery: Fotografie: IIC I2C Displej OLED 0.91" [online]. dratek.cz: ECLIPSERA s.r.o, 2022 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1479-iic-i2c-displej-oled-0.91-128x32-bily-3-3-v-5v-pro-iot-arduino->

[raspberry.html?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYut7RgDThH8Qdy5LLMGzjCwbzCoyj42EPEJWkt67WKRgYvVFH8WvJe8aAtLsEALw_wcB](https://www.laskakit.cz/arduino-4x5-maticova-membranova-klavesnice/?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYut7RgDThH8Qdy5LLMGzjCwbzCoyj42EPEJWkt67WKRgYvVFH8WvJe8aAtLsEALw_wcB)

- [46] 4x5 Maticová membránová klávesnice: Fotografie: 4x5 Maticová membránová klávesnice [online]. laskakit.cz: Laskakit, 2022 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/arduino-4x5-maticova-membranova-klavesnice/?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYuuuCCOmtJH5bzs8q3AmPmmdqg1Oi1wznlVDTQjiacjkJqpCOsdfKcQaAm2DEALw_wcB
- [47] Keypad Library for Arduino [online]. playground.arduino.cc: Arduino, 2022 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://playground.arduino.cc/Code/Keypad/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LED Light emitting diode

DIY Do It Yourself

Kč Koruna Česká

Wi-fi Wireless Fidelity

ID Identification

IDE integrated development environment

UART Universal asynchronous receiver-transmitter

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Boulderingová stěna [22]	11
Obrázek 2 Klasická lezecká stěna [23]	12
Obrázek 3 Trasy vyznačené barevnými chyty [43]	14
Obrázek 4 Trasa vyznačená barevnými páskami u chytů [42]	15
Obrázek 5 Mobilní aplikace Moon Board [15].....	16
Obrázek 6 Moon Board - Boulderingová stěna [24].....	17
Obrázek 7 Pěti-hvězdičková recenze [13]	17
Obrázek 8 Jedno-hvězdičková recenze [14]	17
Obrázek 9 Průřez membránové klávesnice [21]	19
Obrázek 10 Konstrukce klávesnice [26]	20
Obrázek 11 Schéma klávesnice – výchozí stav [27].....	20
Obrázek 12 Schéma klávesnice – stisknutá klávesa [28]	20
Obrázek 13 Schéma klávesnice – kontrola řádku 1 [29]	20
Obrázek 14 Schéma klávesnice – kontrola řádku 2 [30]	21
Obrázek 15 Schéma zapojení všech potřebných komponentů.....	23
Obrázek 16 Komunikační piny Arduina	26
Obrázek 17 Bluetooth modul HC-06 ze zadní strany [19]	27
Obrázek 18 Serial Monitor v Arduino IDE	28
Obrázek 19 microSD modul SPI [44].....	29
Obrázek 20 IIC I2C Displej OLED 0.91" [45]	31
Obrázek 21 Membránová klávesnice 4x5 [46]	33
Obrázek 22 Prototyp ve fázi testování	34
Obrázek 23 LED diody byly přilepeny k boxu s 5 mm otvory, vytisknutém na 3D tiskárně. Katody byly napájeny ke společnému vodiči	35
Obrázek 24 Výsledný prototyp	35
Obrázek 25 Do boxu se svedou všechny potřebné vodiče a nepájivé pole s rezistory se nalepí na stranu boxu.....	35
Obrázek 26 Oznámení o počtu řádků, sloupců a kolik je potřeba diod na stěně.....	36
Obrázek 27 Právě zvolený počet řádků	36
Obrázek 28 Výzva k zadání počtu řádků	36
Obrázek 29 Výzva k zadání počtu sloupců.....	36
Obrázek 30 Číslo již bylo zadáno, teď výzva pro zadání písmena.....	38
Obrázek 31 Vyzvání uživatele k zadání obtížnosti.....	38
Obrázek 32 Zadání názvu trasy	38
Obrázek 33 Menu na OLED displeji	39

Obrázek 34 Spárovaná zařízení	42
Obrázek 35 Upozornění pro zapnutí Bluetooth	42
Obrázek 36 Ovládání za pomoci šipek	43
Obrázek 37 Zadání názvu cesty	44
Obrázek 38 Zadání obtížnosti	44
Obrázek 39 Zadání názvu cesty	45
Obrázek 40 Tlačítka znázorňující diody	45
Obrázek 41 Zobrazení údajů o cestě	47

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: CD s elektronickou verzí bakalářské práce

PŘÍLOHA P I: CD

Příložené CD obsahuje:

- Bakalářskou práci ve formátu .pdf: BP_Tatyrkova_Jana_2022.pdf
- Zdrojový kód mobilní aplikace ve formátu .7z: LEDsClimbApp.7z
- Software pro mikrokontroler LEDsClimb.ino
- Popis pro vytvoření mobilní aplikace Navod_Tatyrkova_Jana.pdf