VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT

FIRESPORT STOPWATCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Jan Drška

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. Jan Dušek

SUPERVISOR

BRNO 2022

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Jan Drška ***ID:*** 220973

Ročník: 3 ***Akademický rok:*** 2021/22

NÁZEV TÉMATU:

Časomíra pro požární sport

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Realizujte pár zobrazovacích jednotek optimální technologií zvolenou v semestrální práci.
2. Realizujte navržené elektrické a konstrukční části zařízení včetně zajištění stupně krytí IP55, vysoké bezpečnosti zařízení, nízké spotřeby akumulátorově napájených částí, využití bezdrátové komunikace jednotlivých součástí a implementace všech dalších technologií vytyčených v semestrální práci.
3. Ověřte funkčnost automatizovaného stanoviště při praktické zkoušce a zhodnoťte dosažené výsledky. Proveďte finální zhodnocení technických vlastností v porovnání s komerčně dostupnými systémy.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] HOROWITZ, Paul. The art of electronics. Third edition. New York, NY: Cambridge University Press, 2015. ISBN 978-0-521-80926-9.

Termín zadání: 7.2.2022 ***Termín odevzdání:*** 23.5.2022

Vedoucí práce: Ing. Jan Dušek

Konzultant: doc. Ing. Jan Mikulka, Ph.D.

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je navrhnout, zkonstruovat a odzkoušet časomíru pro požární sport včetně velkého zobrazovacího displeje a automatických terčů. Součástí práce je i průzkum trhu kolem komerčně dostupných časomír, jejich vzájemné porovnání dle dostupných parametrů, a nakonec je navržen a zkonstruován systém, který spojuje možnosti již vyráběných kompletů s novými funkcemi a možnostmi velkého rozšíření mimo hranice požárního sportu.

Klíčová slova

Arduino, požární stopky, požární sport, velkoformátový displej, automatizace procesů

Abstract

The goal of the bachelor thesis is to design, construct and test a timer for fire sport including a large display and automatic targets. The thesis includes a market research around commercially available timing devices, their comparison with each other according to available parameters, and finally a system is designed and constructed that combines the capabilities of already manufactured sets with new features and possibilities for large-scale extension beyond the boundaries of fire sport.

Keywords

Arduino, firesport stopwatch, firesport, large format display, process automation

Bibliografická citace

DRŠKA, Jan. *Časomíra pro požární sport* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/142306. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Jan Dušek.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	*Jan Drška*
VUT ID studenta:	*220973*
Typ práce:	*Bakalářská práce*
Akademický rok:	*2021/22*
Téma závěrečné práce:	*Časomíra pro požární sport*

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.
V Brně dne: 20. 5. 2022 ----------

podpis autora

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Duškovi a konzultantovi doc. Ing. Janu Mikulkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, ochotu, trpělivost a cenné rady při zpracování mé práce. Dále děkuji svým přátelům Janu Navrátilovi za odbornou pomoc a umožnění přístupu ke strojnímu vybavení firmy NNM Electric s.r.o. a Bc. Martinu Šedivému za odborné a teoretické konzultace.

V Brně dne: 20. 5. 2022 ----------

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ **9**

SEZNAM TABULEK **10**

ÚVOD **11**

1. SOUTĚŽNÍ DISCIPLÍNY JEDNOTEK SDH **13**

1.1 POŽÁRNÍ ÚTOK 13
1.2 TECHNICKÝ VÝCVIK DRUŽSTVA 1 + 5 15

2. ZÁKLADNÍ FUNKCE A PRVKY ČASOMÍRY **16**

2.1 ÚSTŘEDNA 16
2.2 TERČE 17
2.3 STARTOVACÍ SENZOR 18
2.4 OVLÁDACÍ PANEL 19
2.5 VELKOFORMÁTOVÝ DISPLEJ PRO ZOBRAZENÍ ČASŮ 20

3. ČASOMÍRY DOSTUPNÉ NA TRHU **21**

3.1 TRV ELEKTRONIK 21
3.2 MARKYTRONIC 23
3.3 FSTIMER 24
3.4 STAVEBNICE – DIGITÁLNÍ STOPKY 25
3.5 SROVNÁNÍ ČASOMÍR 26

4. NÁVRH A KONSTRUKCE VLASTNÍ ČASOMÍRY **27**

4.1 ŘÍDICÍ JEDNOTKA PRO ČASOMÍRU A DISPLEJ 28
4.1.1 Elektronika pro ústřednu *29*
4.1.2 FW pro ústřednu *30*
4.2 OVLÁDACÍ PANEL PRO ROZHODČÍ 30
4.2.1 Elektronika ovládacího panelu *31*
4.2.1 Ovládací rozhraní *34*
4.2.2 FW pro jednotku ovládacího panelu *35*
4.3 ŘÍDICÍ JEDNOTKA PRO TERČE 35
4.3.1 Elektronika pro terče *37*
4.3.2 FW pro jednotku terčů *40*
4.4 VELKOFORMÁTOVÝ DISPLEJ 40
4.4.1 Výběr a rozbor možných řešení *40*
4.4.2 Velkoformátový displej *43*
4.4.3 Finální návrh velkoformátového displeje *49*
4.4.4 Výroba a testování vyrobených DPS *49*
4.4.5 Návrh a výroba ovládacího modulu pro digit *51*
4.4.6 Výroba šasi pro uložení displeje *51*
4.5 NÁDRŽKA 54
4.6 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ 55

5. TEST ZAŘÍZENÍ PŘI REÁLNÉM NASAZENÍ **56**

5.1 TEST VODĚODOLNOSTI ZAŘÍZENÍ 56

5.2 FUNKČNÍ TEST CELÉ SESTAVY 58
ZÁVĚR 61
LITERATURA 63
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK 65
SEZNAM PŘÍLOH 66

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1-1 Schéma dráhy pro požární útok. 14
Obrázek 1-2 Postup prodlužování proudů. 15
Obrázek 2-1 Příklad nástřikového terče [3] a příklad provedení snímání hladiny. 17
Obrázek 2-2 Princip funkce reflexního optického snímače [4]. 18
Obrázek 2-3 Ukázka modifikované startovací pistole od TRV elektronik [5]. 18
Obrázek 2-4 Ukázka časomíry s integrovaným ovládacím panelem od firmy TRV elektronik [6]. 19
Obrázek 2-5 Ukázka profesionálního zobrazovače od firmy TRV elektronik [7]. 20
Obrázek 2-6 Ukázka hobby displeje složeného z LED pásků [8]. 20
Obrázek 3-1 Časomíra pro požární sport – Sada DUAL 260 [9]. 21
Obrázek 3-2 Sada časomíry značky MARKYTRONIC [10]. 23
Obrázek 3-3 Elektronická časomíra pro požární sport FSTIMER [11]. 24
Obrázek 3-4 Digitální stopky [12]. 25
Obrázek 4-1 Blokové schéma celého systému časomíry. 27
Obrázek 4-2 Řídicí jednotka Arduino UNO [13]. 28
Obrázek 4-3 Bezdrátový komunikační modul NRF24L01 [14]. 29
Obrázek 4-4 Rozšiřující deska pro Arduino UNO s modifikací pro ústřednu 30
Obrázek 4-5 Rozšiřující deska pro ovládací panel. 31
Obrázek 4-6 Schéma zapojení LED s předřadným rezistorem 32
Obrázek 4-7 Schéma zapojení optočlenu 33
Obrázek 4-8 Model krytu ovládacího panelu s ovládacími a signalizačními prvky. 34
Obrázek 4-9 Blokové schéma zapojení ovládání do systému 34
Obrázek 4-10 Blokové schéma vzájemného propojení terčů a komunikace s ústřednou. 35
Obrázek 4-11 Nákres principu detekce stavů terče. 36
Obrázek 4-12 Řídicí modul pro řízení terčů. 37
Obrázek 4-13 Použité zapojení NPN tranzistoru se společným emitorem 38
Obrázek 4-14 Schéma napěťového děliče 39
Obrázek 4-15 Prototyp jednoho digitu zobrazovače z LED pásků. 41
Obrázek 4-16 Maloformátový 7 segmentový zobrazovač bez a s čočkou. 43
Obrázek 4-17 Detail jednoho navrženého segmentu 44
Obrázek 4-18 Sestava kostry a jednotlivých DPS jednoho digitu. 45
Obrázek 4-19 Zkompletovaný digit a zkouška zobrazení číslice 4. 48
Obrázek 4-20 Zkouška difuzoru – pauzovací papír. 48
Obrázek 4-21 Zkouška difuzoru – difuzor z LCD displeje. 49
Obrázek 4-22 Vizualizace finálního vzhledu jednoho segmentu digitu s černou maskou. 49
Obrázek 4-23 Vytištěná kostra včetně vsazených plošných spojů. 50
Obrázek 4-24 I^2C EXTENDER – modul pro ovládání jednoho digitu. 51
Obrázek 4-25 Finální podoba displeje bez polepy čelního plexiskla. 52
Obrázek 4-26 Pohled na vnitřek zobrazovací jednotky. 53
Obrázek 4-27 Čelní pohled na zobrazovač s již připevněným difuzorem. 53
Obrázek 4-28 Konstrukce terče a nádobky včetně plovákových snímačů hladiny. 54
Obrázek 4-29 Pohled na sestavenou nádržku bez nainstalovaných plovákových snímačů. 55
Obrázek 5-1 Princip zatěsnění za pomocí červené těsnící gumy. 57
Obrázek 5-2 Ukázka zatěsnění prostoru mezi čelním plexisklem a nosnou konstrukcí. 57
Obrázek 5-3 Sestavený terč před testem elektroniky. 58
Obrázek 5-4 Test celé sestavy – stav při naplnění obou terčů. 59
Obrázek 5-5 Zkouška zobrazovače bez ochranné folie. (obrázek pořízen za šera). 60

SEZNAM TABULEK

Tabulka 3-1 Srovnání vybraných parametrů představených časomír. 26
Tabulka 4-1 Parametry zvolené LED.....44
Tabulka 3 Přehled hlavních parametrů celého systému 62

ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem automatické časomíry pro požární sport. Požární sport je v dnešní době velmi oblíbeným sportem, kterého se účastní zejména příslušníci sborů dobrovolných hasičů (dále jen SDH). Tento sport je nejvíce rozšířen na vesnicích a menších městech, kde právě jednotky SDH mají svoji působnost. Požární sport se stále vyvíjí a s vývojem rostou požadavky nejen na závodníky, ale i na techniku. Doposud se při závodech používaly starší metody měření časů pomocí stopek, u kterých byla nutná obsluha. V průběhu vývoje sportu i jednotek samotných, se začalo dosahovat lepších výkonů, kde se již jednalo o jednotky sekund, či setiny. Ruční měření pomocí stopek přestalo vyhovovat požadavkům a je postupně nahrazováno automatickými stopkami, které zlepšují přesnost a eliminují chyby obsluhy.

V současné době existují časomíry, které lze volně zakoupit na internetových obchodech. Lze je zakoupit i s doplňkovým příslušenstvím za odpovídající cenu dle provedení a velikosti sady. Problémem dnešních časomír je velikost a čitelnost displeje, která při soutěžích hraje velkou roli. Je nutné, aby byl displej čitelný za přímého slunečního svitu či za snížené viditelnosti, jako je například mlha, déšť nebo šero. Vzhledem k délce tratí požárního sportu je nutné, aby číslice na displeji byly dostatečně veliké a čitelné. Dalším problémem většiny řešení je nutnost ručně obsluhovat terče a vypouštět vodu, na což je většinou potřeba alespoň jeden člověk.

Od SDH Jizbice byl obdržen požadavek na výrobu časomíry, která bude splňovat parametry standardních časomír a přidá některé nové funkce, které na profesionálních verzích postrádá. Bude obsahovat nově zpracovaný velkoformátový displej, možnost napájení z baterií nebo ze standardní sítě, možnost připojení systému na alternativní zdroj energie (solární panel), detekci naplnění terčů s bezdrátovou komunikací, hlavní ústřednu rovněž s bezdrátovou i sériovou komunikaci RS232, ovládací panel pro obsluhu a automatické vyprazdňování tečů. Automatické vyprazdňování terčů je funkce, kterou všechny dostupné časomíry postrádají. Časomíra má sloužit pro disciplínu požárního útoku, kde její součástí bude zobrazovací jednotka pro 2 proudy (formát DM.M:DS.S, MS nebudou součástí velkého displeje. Ovládací panel pro obsluhu bude obsahovat komunikační rozhraní pro připojení PC. Komunikace mezi terči a ústřednou bude provedena prostřednictvím bezdrátové komunikace. Vzhledem k důležitosti velkoformátového displeje bude experimentálně otestováno několik vybraných typů a z nich bude vybrán nejlepší adept, který bude následně zkonstruován v požadované velikosti a kvantitě.

Na začátku práce je představen požární sport a náležitosti, které hrají zásadní roli v návrhu, i následném provozu elektronické časomíry. Dále je proveden rozbor a porovnání dostupných profesionálních i hobby časomír, které jsou dostupné. V hlavní části práce je popsána nově navržená a zkonstruovaná elektronická časomíra pro

požární sport, splňující požadavky SDH Jizbice. Takto navržená časomíra je následně vyrobena a otestována v praxi.

Vzhledem ke kolegialitě k ostatním sborům SDH je celý tento projekt elektronické časomíry uvolněn pro komunitu kutilů a nadšenců. Je veden jako open source projekt a primárně neslouží ke komerčním účelům, ale spíše jako návrh řešení, či pomoc se stavbou vlastní časomíry.

1. SOUTĚŽNÍ DISCIPLÍNY JEDNOTEK SDH

Soutěžních disciplín, ve kterých hasičská družstva soutěží je mnoho, nejznámějšími je požární útok, běh na 100 metrů, štafeta 4 × 100 metrů s překážkami, výstup do 4. podlaží cvičné věže a technický výcvik družstva. V okrsku, ve kterém působí SDH Jizbice, se soutěží zejména v disciplínách požární útok a technický výcvik družstva. V následujících bodech jsou vysvětleny právě tyto dvě výše zmiňované disciplíny.

1.1 Požární útok

Požární útok je nejznámější disciplínou požárního sportu. Soutěžní družstvo se skládá minimálně z pěti až sedmi členů. Každý člen týmu je přiřazen k určitému postu, kde koná svůj úkol. Jednotlivé posty jsou pojmenovány podle úkonu soutěžícího (strojník, savice, koš, béčka, rozdělovač a dva proudy – názvy vycházejí ze slangu jednotek SDH) Úkolem každého družstva je rozvinout požární útok a naplnit dva nástřikové terče vodou.

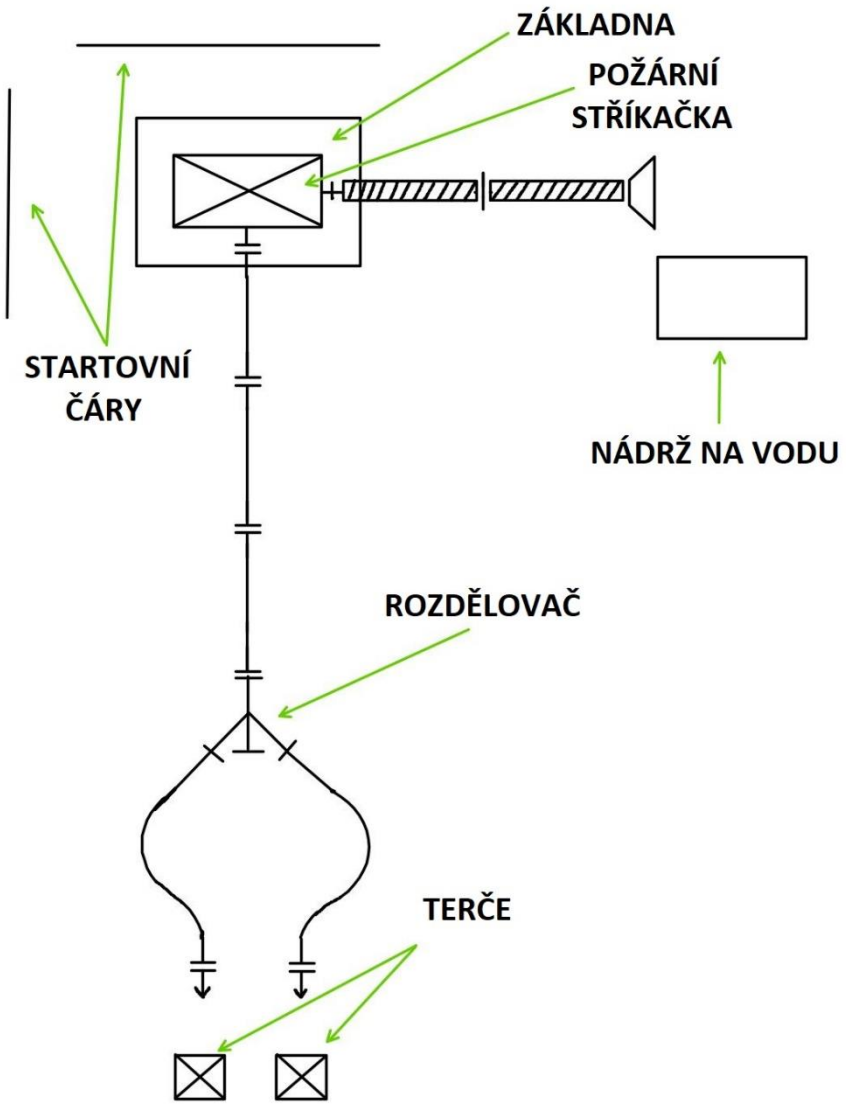
Před startem má družstvo 5 minut na přípravu stroje a ostatního materiálu na tzv. základnu. Po uplynutí času se družstvo přesune na startovací čáru, kde velitel družstva představí rozhodčímu připravený materiál a rozhodčí povolí start soutěže. Po odstartování se měří čas a soutěžící dle svých úkolů vyběhnou a co nejrychleji splní své úkoly. Strojník ve spolupráci s dalšími dvěma členy zajistí přípravu čerpadla a správné nasátí vody, mezitím zbytek týmu rozvine tři vedení hadice typu „B“, dále rozdělovač se dvěma proudy o velikosti dvou hadic typu „C“, zakončených proudnicí. Dva členové s proudnicemi se snaží za co nejkratší čas naplnit nástřikové terče vodou, kde se po dosažení požadované hladiny zastaví stopky a družstvu se informace o naplnění terče předá pomocí světelné a / nebo zvukové signalizace. Jakmile jsou oba terče naplněny, tak se soutěžní pokus ukončí a přechází se k úklidu dráhy. Po vypuštění a rozebrání hadic se na start může připravit další tým. [1]

Pro provedení požárního útoku družstvo ke své činnosti potřebuje:

- požární stříkačku (nejčastěji PS 18),
- savice a sací koš,
- 3 hadice typu „B“ a 4 hadice typu „C“,
- 2 proudnice na hadice typu „C“,
- rozdělovač z vedení „B“ na 3 vedení „C“.
- ochranné přilby a vhodnou ústroj včetně obuvi.

Pořadatel soutěže musí připravit:

- základnu o rozměrech 200 × 200 × 10 cm,
- přenosnou nádrž (káď) na vodu o obsahu 1 m^3,
- 2 nástřikové terče s obsahem nádrže 15–22 l se signalizací zaplnění 10 l,
- ohraničení prostoru trati a startovací čáru.

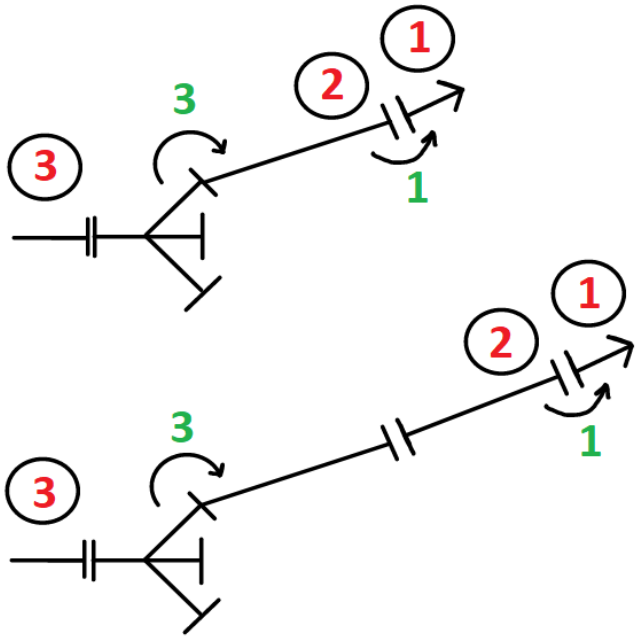


Obrázek 1-1 Schéma dráhy pro požární útok.

1.2 Technický výcvik družstva 1 + 5

Jednotky SDH spadají do jednotek požární ochrany (dále jen JPO), kde pro jejich činnost bylo vytvořeno několik metodik, které popisují různé činnosti JPO. V těchto metodikách lze nalézt bojový řád, metodiky pro činnosti při zásahu, metodika součinnosti sborů IZS, metodika pro SDH a cvičební řád, jehož součástí je tzv. Technický výcvik družstva. Technický výcvik družstva je nedílnou součástí činností každé jednotky SDH, které jezdí pravidelně na školení a cvičení. Jednou z disciplín na soutěžích je i Technický výcvik družstva 1 + 5, kde se tolik nejedná o čas, ale hlavně o správnost provedení daných úkonů. V této disciplíně soutěží 5 členů jednotky a jejich velitel, který řídí jejich činnost. Při pohybu členů jednotky na dráze je nutné dodržovat základní pravidla, která souvisejí s činností jednotek u reálných zásahů. Pro příklad je nutné, aby se hasiči pohybovali tak, aby měli hadici vždy po své pravé straně a hadici překračovali pouze v místě spojek. Toto pravidlo je dáno ze zkušeností z praxe. Zásahy bývají často v noci, v kouři či mlze a jediné co je kolem vidět jsou bílé, či reflexní hadice. Hasiči se podle těchto hadic lehce orientují. Aby nedocházelo k problémům je jasně dané, na které straně hasiči chodí. Každý přestupek proti pravidlům viz chození po druhé straně hadice, či její překračování mimo spojky, je zaznamenáván a následně hodnocen rozhodčími.

Soutěžní družstvo má za úkol rozvinout požární útok se dvěma proudy a srazit plechovky z kůlů. Po sražení prvních cílů se jeden proud zkrátí (jedna hadice typu „C“ se odstraní) a druhý prodlouží (jedna hadice typu „C“ se přidá). Znovu dojde k sestřelení cílů a následně se etapa ukončí. Dojde k uklizení dráhy a vyhodnocení výsledků. Vyhrává jednotka, která úkon zvládla nejrychleji a s nejmenším počtem trestných bodů. [2]



Obrázek 1-2 Postup prodlužování proudů.

2. ZÁKLADNÍ FUNKCE A PRVKY ČASOMÍRY

Časomíra má za úkol změřit čas od startu závodu až po jeho dokončení. Vzhledem k multifunkčnímu použití zde bude popsána funkce časomíry pro požární útok, ale informace zde uvedené se vztahují s menšími změnami na ostatní soutěžní disciplíny.

Každá časomíra se skládá z několika základních prvků, kde jejich funkce je blíže rozebrána v následujících podkapitolách. Časomíra po odstartování soutěže začne měřit čas a měření času se ukončí splněním podmínky, kterou je naplnění terče vodou do úrovně, která odpovídá 10 litrům vody. Terče mají vlastní vyhodnocovací jednotku, která posílá ovládací ústředně informace o naplnění vodou. Jakmile je jeden z terčů naplněn, dojde k aktivaci čidla a ukončení měření času pro daný terč. Každý terč má svoji vlastní časomíru, a tak soutěžní pokus končí až po zastavení obou stopek pro oba terče. Po ukončení pokusu se výsledky zapíšou do výsledkové listiny či souboru v PC a časomíra se restartuje. Časomíry bývají často vybaveny více funkcemi jako jsou například: odpočet, zobrazení venkovní teploty, hodiny apod.

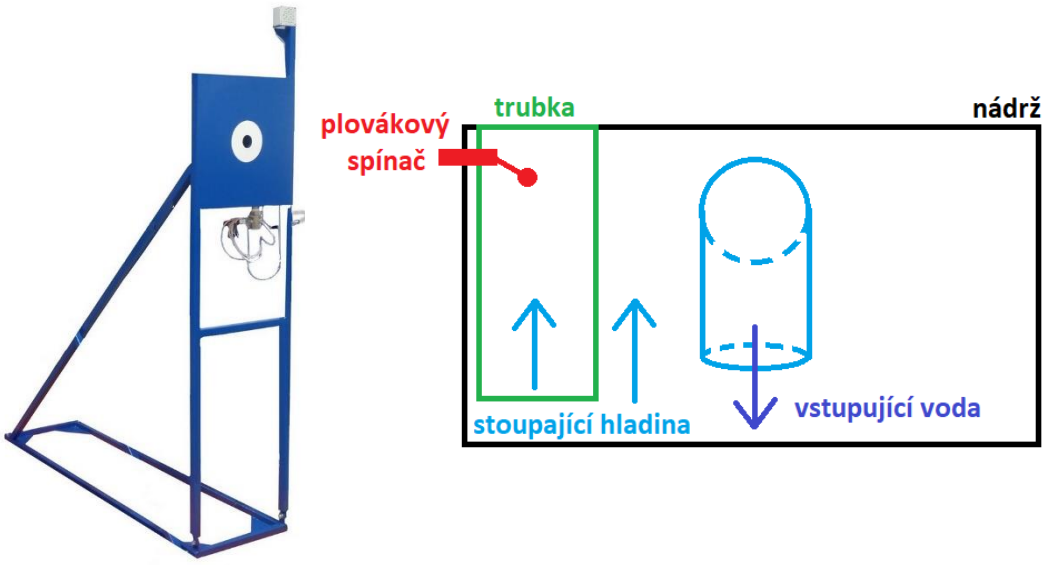
2.1 Ústředna

Ústředna je hlavní a nepostradatelnou částí každé časomíry. Obsahuje v sobě základní elektroniku, která má za úkol měření času a úkony s tím související. K této ústředně se připojují externí snímače, které se používají pro start, zastavení a reset stopek. V dnešní době bývá základem každé ústředny mikroprocesor, který obstarává všechny potřebné funkce časomíry. Mikroprocesory již téměř vytlačily starší zapojení tvořená z logických hradel. Ústředna vykonává funkci počítaní času a většinou umožňuje připojení na externí displej, kde je informace o čase vidět jak pro účastníky soutěže, tak i pro diváky. Dalším rozšířením ústředny bývá dálkové ovládání vypnutí stopek přímo z terčů. Tato funkce zajišťuje daleko větší přesnost než ruční měření a sledování plnění terče. Dnešním standardem bývá i možnost propojení ústředny a PC, kde je možné lépe zaznamenávat a zpracovávat výsledky pro pozdější nebo aktuální vyhodnocování soutěžních disciplín.

2.2 Terče

Pro požární útok používáme terče, které mají na sobě nádržku na vodu o objemu 15–22 litrů, nebo jednodušší terče pouze pro sestřelení zábrany v jeho středu. Na rozdíl od jednoduchých terčů, kde zkoumáme pouze sestřelení clonky, se u terčů s nádržkou snímá dosažení 10 l vody, po kterém musí terč zastavit stopky pro daný kanál a světelnou signalizací informovat soutěžící o naplnění terče. Dříve signalizaci naplnění terče zajišťoval mechanický plovák, který odjistil clonku, která byla vysunuta nad terč. Dnes se nejčastěji používá světelná signalizace.

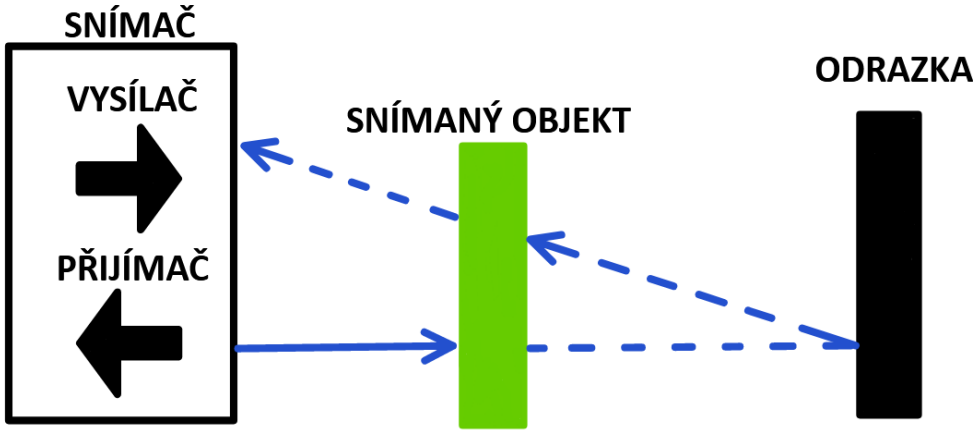
Ke snímání hladiny vody v nástřikových terčích se často využívá jednoduchých plovákových snímačů. Je zde však nutné dávat pozor na rozvířenou hladinu, což je důsledek tlaku vody, který je pomocí proudnice usměrněn a vháněn do středové trubice terče, která slouží k odvádění vody do nádrže. Snímač proto musí být odolný vůči vodě, nejlépe vodotěsný (nebo voděodolný s krytím alespoň IP 55). Pro usměrnění hladiny lze využít například plastovou trubku, která se vsadí do nádrže tak, aby do ní mohla vtékat voda ode dna nádrže. Osazením trubky se rozvířená hladina usměrní a měření je přesnější, než kdyby byl snímač přímo ve zvířené vodě. Tato modifikace je graficky znázorněna na obrázku 2-1 vpravo, kde je vidět princip snímání hladiny i upevnění a využití vsazené trubky.



Obrázek 2-1 Příklad nástřikového terče [3] a příklad provedení snímání hladiny.

2.3 Startovací senzor

Snímání startu měření je velmi důležitou součástí soutěže. Z historického hlediska se odstartování provádělo ústními povely rozhodčího stylem PŘIPRAVIT, POZOR a START. Někde byl povel START nahrazen výstřelem ze startovací pistole. Občas se stávalo, že se někdo ukvapil a start se musel provést znovu. S využitím moderních technologií lze však zajistit přesné a spravedlivé odstartování závodu. Často se využívá reflexních optických snímačů / závor. Optický snímač se umístí na startovací čáru a po protnutí paprsku jedním ze soutěžících začíná odpočet. Reflexní snímač má výhodu v tom, že přijímač i vysílač jsou v jednom pouzdru, tudíž není potřeba vést další kabeláž, a i instalace je velmi jednoduchá. Stačí namířit paprsek, vycházející ze snímače, na odrazku.



Obrázek 2-2 Princip funkce reflexního optického snímače [4].

Stále se však můžeme setkat se startováním pomocí startovací pistole, které jsou v dnešní době modifikované o koncový spínač, nebo už samotná ústředna je schopna zaznamenat pomocí mikrofonu výstřel a odstartovat stopky. Příklad modifikované startovací pistole je na obrázku 2-3.

Obrázek 2-3 Ukázka modifikované startovací pistole od TRV elektronik [5].

2.4 Ovládací panel

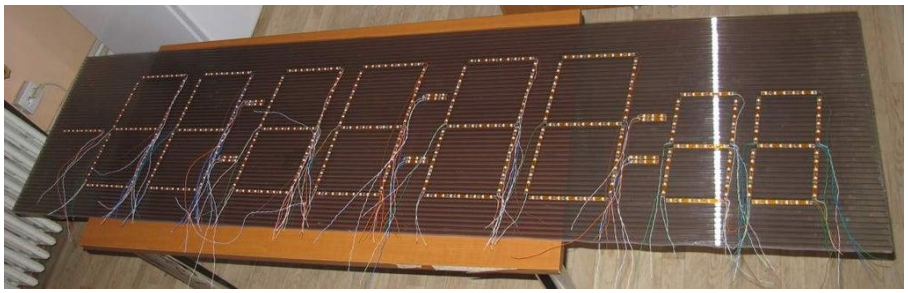
Každá ústředna je vždy vybavena rozhraním mezi programem a uživatelem (dá se označit za HMI), které obsluhuje rozhodčí. Na ovládacím panelu obvykle bývají ovládací prvky pro start, stop nebo restartovaní měření. Dále pak často na tomto panelu bývá i displej, kde se zobrazují aktuální časy závodníků. Často se setkáváme s tím, že je ústředna ovládána přímo z PC. PC pro nás slouží jako HMI, které obsahuje všechny ovládací prvky včetně průběžného zpracování výsledků. Řešení zpracování výsledků a ovládání ústředny z PC je dnes ve velké oblibě hlavně z důvodu kompatibility, kde je možné časomíru ovládat téměř z jakéhokoliv zařízení, na kterém je možno spustit program.

Obrázek 2-4 Ukázka časomíry s integrovaným ovládacím panelem od firmy TRV elektronik [6].

2.5 Velkoformátový displej pro zobrazení časů

Nadstavbou pro časomíru je velkoformátový displej, který slouží pro zobrazení časů obou proudů či disciplín. Tento displej slouží jak pro závodníky a jejich orientaci, tak i pro diváky, kteří sledují soutěž. Na tento displej jsou vždy kladeny veliké nároky na čitelnost i za nepříznivého počasí (nadměrné slunečné záření nebo snížená viditelnost např. mlha nebo déšť). Jako zobrazovače většinou slouží 7 segmentové nebo maticové displeje, které disponují vysoce svítivými LED. Zobrazení času bývá velice často ve formátu DM.M:DS.S:MS(většinou pouze desetiny sekundy) nebo DM.M:DS.S, kde se MS vyčítají pouze na ovládacím panelu. Díky absenci MS je displej menší a levnější. V profesionálních provedeních jsou na plošný spoj v několika řadách napájené vysoko svítivé LED, které jsou uspořádány do obrazce 7 segmentového displeje. U hobby časomír, kde je kladen důraz na nízkou cenu, se používají LED pásky, kde je však u větších výkonů problém s rozestupy mezi jednotlivými LED, které jsou rovněž nalepeny do tvaru 7 segmentových zobrazovačů.

Obrázek 2-5 Ukázka profesionálního zobrazovače od firmy TRV elektronik [7].



Obrázek 2-6 Ukázka hobby displeje složeného z LED pásků [8].

3. ČASOMÍRY DOSTUPNÉ NA TRHU

V této kapitole jsou popsána a porovnána 4 vybraná komerčně dostupná provedení časomír pro požární sport. Existuje daleko více řešení, ale jen tyto 4 se dají označit za profesionální, nebo poloprofesionální řešení. U všech řešení je výpis modulů a příslušenství, které jsou součástí jednotlivých sad. Je zde porovnávána i cena a další parametry, která pro mnoho jednotek hraje zásadní roli při výběru časomíry.

3.1 TRV elektronik

TRV elektronik je česká firma, která se již 20 let zabývá výrobou profesionálních časomír pro všechny možné sporty včetně požárního sportu. Jejich časomíry jsou velmi kvalitní a disponují velmi dobrým technickým provedením.

U časomír pro požární sport firma nabízí velkou škálu sad pro různé použití. V sortimentu lze nalézt od samotných displejů až po celé kompletní sady. V rámci sad lze koupit displej, signalizační zařízení, SW pro vyčítání výsledků v PC a startovací pistoli. Kompletní set se cenově pohybuje kolem 44 000,- Kč. Kompletní sada časomíry za zmiňovanou cenu je zobrazena na obrázku 3-1.

Obrázek 3-1 Časomíra pro požární sport – Sada DUAL 260 [9].

Firma TRV elektronik ve svých sadách nabízí:

- velkoformátové displeje od výšky 150 mm do 300 mm,
- startovací pistoli, která je vybavena dvěma koncovými spínači a je možno ji standardně používat na 6 mm náboje,
- signalizační zařízení pro signalizaci stavu terčů s vysoko svítivými LED a magnetické spínače pro detekci naplnění či aktivace terčů,
- software, který spolupracuje s časomírou a vyčítá z ní časy závodníků a umožňuje export dat k dalšímu zpracování,
- bezdrátové komunikační moduly pro dálkový přenos stavu terčů,
- další doplňky, jako jsou zdroje a kabeláž.

Všechna zařízení jsou upravená jak na provoz na elektrickou síť, tak i na baterii, což je za daných okolností velká výhoda. Většina hasičských soutěží je pořádána v místech s nedostatkem elektrické energie a bateriový provoz je ideální řešení tohoto problému. Provozní napětí je 12 V.

Velkou výhodou je modularita, kde sady jsou udělané tak, že je zaručená kompatibilita s dalšími moduly, které lze jednotlivě dokoupit. Tato možnost dělá z této časomíry velkého pomocníka při pořádání nejen hasičských závodů, ale také mnoho dalších sportů.

Hlavní nevýhodou je pro většinu jednotek SDH velmi pořizovací cena, která se u základní sady pohybuje okolo 27 700,- Kč a u velkých kompletních sad až kolem 44 150,- Kč. Tyto sumy jsou pro jednotky SDH velice vzdálené a jen málo která jednotka je schopna našetřit tyto prostředky. Výhodou je výše zmíněná modularita, a tedy i možnost nákupu postupně.

3.2 Markytronic

Markytronic je značka, pod kterou působí pan Marek Kysela, který již řadu let vyrábí časomíry pro různé sporty, kde jedním z nich je právě požární sport. Jeho časomíry jsou profesionální a dle počtu vyrobených kusů pro velké množství SDH jednotek jsou i velmi oblíbené. Cena za jeho provedení se u kompletní sady pohybuje okolo 16 000,- Kč, což je pro jednotky SDH již přijatelnější než u předchozího výrobce TRV elektronik.

Časomíry Markytronic obsahují:

- velkoformátové displeje,
- automatickou detekci plných terčů,
- spuštění stopek pomocí startovací pistole nebo optické závory,
- kabeláž.
- moduly pro bezdrátovou komunikaci.

Časomíry Markytronic nejsou určené pouze pro požární sport, ale lze je také využít jako počítadla skóre, ukazatele času, ukazatele teploty či další zákazníkem volitelné funkce. K časomírám je možno připojit i sirénu, kterou lze používat dle potřeby (start, stop nebo přerušení).

Cenová náročnost, jak již bylo výše popsáno, je nižší než u předchozí firmy TRV elektronik. Na internetových stránkách jsou odkazy na spoustu jednotek SDH, které si časomíru od Markytronic zakoupili a spokojeně je používají. Hlavní výhodou je tedy cenová dostupnost i pro menší sbory a profesionální vzhled a technické provedení. Moduly jsou provedeny pro napájení 12 V ze zdroje, nebo přímo z 12V baterie, stejně jako u předchozí firmy. Další výhodou je modularita, kde je možno časomíru rozšířit o další komponenty (bezdrátová komunikace, snímače apod.)

Obrázek 3-2 Sada časomíry značky MARKYTRONIC [10].

3.3 FSTIMER

Fstimer je hobby řešení časomíry pro požární sport, kde dva tvůrci projektu Josef Myslín a Jiří Blažek otevřeli svůj projekt i pro ostatní nadšence, kteří se o tuto tématiku zajímají, či si staví vlastní časomíru. Jedná se tedy o open source projekt, kde mají zájemci k dispozici vše potřebné k postavení kopií jejich systému.

Součásti tohoto systému:

- malá kompaktní časomíra, která se nachází přímo v samotném ovladači,
- rozbočná krabice pro senzory na terčích,
- světelná signalizace naplnění terčů,
- zvukový snímač pro start časomíry,
- externí start a stop tlačítka,
- optické závory pro start a stop časomíry,
- existuje i příprava na externí velkoformátový displej, který však zatím není součástí projektu,
- napájení pomocí Li-Pol baterie, která je uvnitř ovládacího panelu.

Časomíra není standardně komerčně nabízená, je však možnost si některé komponenty od tvůrců koupit. Cena kompletně postavené časomíry by podle odhadu neměla přesáhnout 6 000,- Kč. Velkou výhodou je že se jedná o open source projekt, kde je uveřejněna veškerá dokumentace a není nikterak složité systém postavit. Zde je však nutná znalost elektroniky a alespoň základní zkušenosti s pájením a prací s elektronikou, tudíž ne každá jednotka SDH si může touto cestou časomíru postavit.

Obrázek 3-3 Elektronická časomíra pro požární sport FSTIMER [11].

3.4 Stavebnice – Digitální stopky

Tato časomíra je jednoduchý modul, který se prodává jako stavebnice, která je složena ze součástek a desky plošného spoje. Plošný spoj je nutno osadit součástkami a ty následně zapájet. Modul je vybaven 7 segmentovými zobrazovači, které zobrazují čas ve formátu DM.M:DS.S:MS. Modul dále obsahuje 3 tlačítka (START, STOP a RESET). Spuštění stopek je možné pomocí tlačítka, nebo externě připojených snímačů (koncové snímače, optické závory nebo zvukový snímač). Stejným způsobem je možno stopky zastavit. Reset se provádí pouze tlačítkem RESET.

Cena modulu se pohybuje od 600 - 1 000,- Kč. Cenová dostupnost je velmi dobrá. Provedení je však velice jednoduché a je náchylné na nevhodnou obsluhu. Dále je vyžadována montáž minimálně do krabice, kde si již každý musí zaručit voděodolnost a další případnou ochranu. Pro jednoduché účely však tato varianta zcela postačí. U terčů je však nutné zajistit, aby se stopky vyply až po naplnění obou terčů, protože stopky nemají dva kanály. Obvod pro zastavení stopek pomocí dvou terčů lze jednoduše zrealizovat jako logický součin AND, kde se jako vstupy zapojí výstupy z terčů a výstup z AND se připojí na externí stop. Na obrázku 3-4 je zobrazen osázený plošný spoj, který je takto připraven pro instalaci do krabice.

Obrázek 3-4 Digitální stopky [12].

3.5 Srovnání časomír

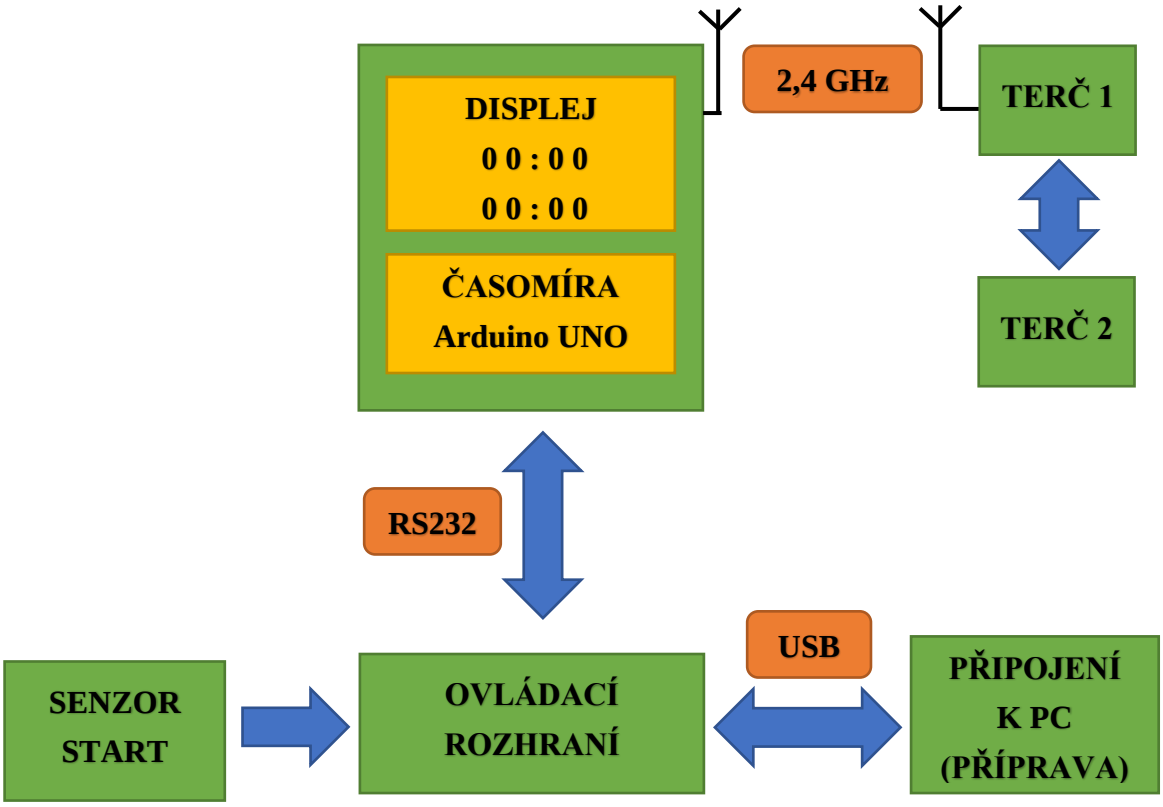
V níže přiložené tabulce se nacházejí parametry, podle kterých byly jednotlivé časomíry porovnány. Pro porovnání byly vybrány nejdůležitější parametry časomír.

Tabulka 3-1 Srovnání vybraných parametrů představených časomír.

parametr	časomíra				
	TRV elektronik	Markytronic	FSTIMER	Digitální stopky stavebnice	Návrh pro SDH Jizbice
ovládací panel	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
externí display	ANO	ANO	NE	NE	ANO
separované kanály terčů	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
Napájení z baterie	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
napájení	12V baterie/adaptér	12V baterie/adaptér	3,7V baterie	12 V	12V baterie/adaptér
propojení s PC	ANO	ANO	NE	NE	ANO
modularita	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
velikost displeje (výška segmentu)	260 mm	170 mm	10 mm <	16 mm	290 mm
automatické vyprazdňování terčů	NE	NE	NE	NE	ANO
bezdrátová komunikace	ANO	ANO	NE	NE	ANO
možnost připojení solárního panelu	NE bez úprav	NE bez úprav	NE bez úprav	NE bez úprav	ANO
cena	9 000 - 45 000,-	12 500 - 25 000,-	5 000,- <	1 500,- <	20 000,- <

4. NÁVRH A KONSTRUKCE VLASTNÍ ČASOMÍRY

Dle požadavků SDH Jizbice je časomíra navržena tak, aby byla jednoduchá na obsluhu a údržbu. Časomíra je poloautomatická a umožňuje snížení počtu lidí, kteří ji musejí obsluhovat na 1 osobu. Tato osoba se prostřednictvím ovládacího rozhraní stará o veškerou funkci. Častým problémem u časomír je dlouhá kabeláž, která je v této nově navržené časomíře nahrazena bezdrátovou komunikací. Tato nová časomíra umožňuje zefektivnit průběh soutěže a díky použití mikroprocesorové techniky lze relativně jednoduše časomíru programově upravit pro použití i na jiné sporty. Níže přiložené blokové schéma představuje vzájemné propojení jednotlivých komponent a jejich vzájemnou komunikaci.

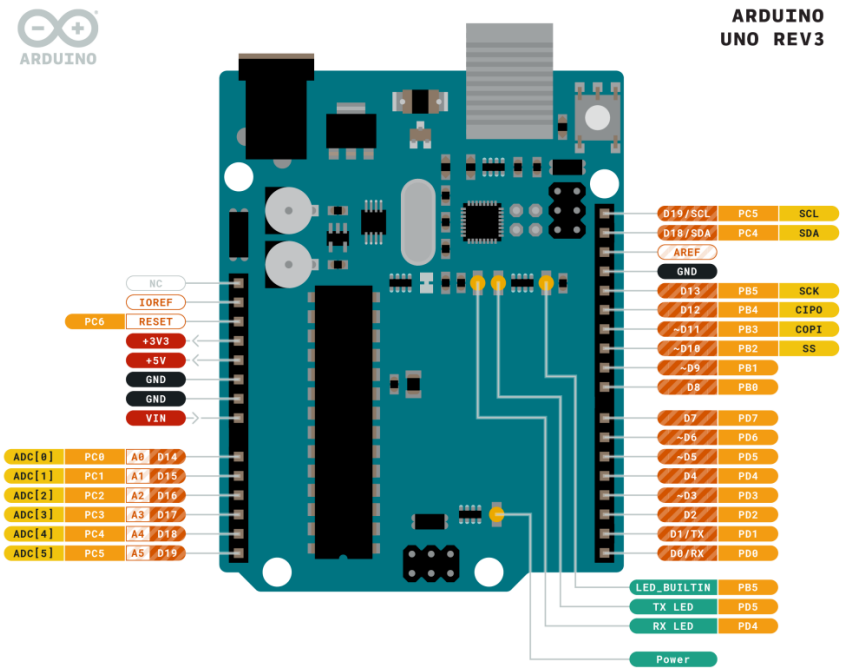


Obrázek 4-1 Blokové schéma celého systému časomíry.

4.1 Řídicí jednotka pro časomíru a displej

Před výběrem řídící jednotky byly od SDH Jizbice obdrženy požadavky na ovládání, zpracování a případné servisní zákroky. Hlavními požadavky je jednoduchost, modularita a dostupnost dílů na trhu pro údržbu a případný servis. Na trhu existuje mnoho řídicích jednotek, které by se pro tento účel daly použít. Při návrhu byly zváženy jednotky Unipi, Raspberry a Arduino. Nakonec padlo rozhodnutí pro Arduino, které nám dostačuje svým výkonem a počtem vstupů a výstupů. Je snadno dostupné a jednoduché na údržbu.

Jako centrální jednotku (dále jen ústředna) bylo vybráno Arduino UNO, které bude zajišťovat měření času, komunikaci s terči a ovládacím rozhraním pro obsluhu. K této jednotce se bude možné připojit i pomocí PC, kde bude příprava na možnost vyčítat výsledné časy a ovládat některé funkce časomíry.



Obrázek 4-2 Řídicí jednotka Arduino UNO [13].

O Arduinu z praxe víme, že připojování periferií přes propojovací vodiče je nespolehlivé a často dochází k nahodilým chybám a výpadkům spojení. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto zkonstruovat desku plošného spoje, která na sobě bude mít pinové lišty, do kterých se Arduino usadí a nebude docházet k vypadávání vodičů. Nově navržená deska plošného spoje nebude sloužit jen pro lepší připojení periferií, ale také bude zároveň obsahovat součástky na ochranu vstupů a výstupů procesoru, stabilizátor napětí, ochranu proti přepólování a vratnou proudovou pojistku. Tímto odstraníme většinu škodlivých vlivů, které mohou na navrženou konstrukci působit.

Tato ústředna je navržena tak, aby komunikovala s ovládacím rozhraním pro obsluhu a elektronikou, která vyhodnocuje stavy obou terčů. Komunikace mezi ústřednou a terči je bezdrátová, kde se využívá modulů NRF24L01 + PA + LNA, který má dosah až 1000 m ve volném prostranství a pracuje na frekvenci 2,4 GHz.

Obrázek 4-3 Bezdrátový komunikační modul NRF24L01 [14].

4.1.1 Elektronika pro ústřednu

Ústředním prvkem je Arduino UNO, pro které byla vytvořena DPS pro osazení konektorů, ochran, stabilizátoru a komunikace přes RS232 a bezdrátové rozhraní. Nejdůležitějším je vyvedení I^2C sběrnice, která slouží pro komunikaci s řídicími moduly jednotlivých digitů.

Arduino UNO je dle dokumentace konstruováno tak, aby jej bylo možno napájet ze 7 – 12V zdroje. V našem případě používáme horní hranici, na které by Arduino mělo bez problémů fungovat. Bohužel však při testech technologie bylo zjištěno, že napájet Arduino přímo z 12V zdroje může vést k destrukci stabilizátoru. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o konstrukci vlastního stabilizátoru za použití standardně používaného LM78M05, který pro naše použití zcela dostačuje. Maximální odebíraný proud z LM78M05 je 500 mA, kde námi maximálně odebíraný proud se pohybuje kolem 150-200 mA, což nám dává ještě určitou rezervu [18]. Zapojení tohoto obvodu je v příloze A.9. Při návrhu schématu bylo postupováno podle doporučení výrobce, ze kterého vychází i finální návrh a volba hodnot součástek. Jako rozšíření modulu bylo upraveno zapojení tak, aby by jej bylo možno napájet i přímo z 5V zdroje, k čemuž slouží propojka JP1. V případě, že by obsluha zapojila na vstup 12 V při propojené propojce, tak se zde nachází jako ochrana 6V Zenerova dioda.

Součástí DPS je i příprava na jeden výkonový výstup (max 3 A), který je do budoucna připraven například pro klaxon sirénu či ventilátor. Bázový rezistor R_2, který se nachází na přiloženém schématu nemá hodnotu z důvodu neznámé zátěže, jejíž hodnoty proudu jsou nutné pro výpočet hodnoty odporu tohoto rezistoru. Dále je DPS připravena pro připojení indikačních LED a modulů pro měření teploty či vlhkosti (např.: LM35, DHT22). Pro případ rozšíření je 5 pinů procesoru vyvedeno na extra

konektor, kde je možné do budoucna libovolně rozšířit funkce modulu. Posledním a zároveň stěžejní periferií je konektor pro připojení bezdrátového modulu NRF24L01, který komunikuje prostřednictvím SPI.

Obrázek 4-4 Rozšiřující deska pro Arduino UNO s modifikací pro ústřednu

4.1.2 FW pro ústřednu

Program pro řídicí jednotku ústředny je napsán v jazyce C++. Program má za úkol dle pokynů ovládacího panelu zobrazování na velkoformátovém displeji. Součástí programu je implementovaná bezdrátová komunikace s terči, kde je řešen příjem informací o stavu terčů. V programu jsou využívány standardní volně dostupné a šiřitelné knihovny. Součástí bakalářské práce jsou implementovány dvě úlohy, které je displej schopen vykonávat. První je zobrazení dvou časů a druhá je možnost zobrazení odpočtu času pro přípravu soutěžního vybavení družstev. Program pro ústřednu je přiložen v elektronických přílohách této práce. Zjednodušený vývojový diagram programu je umístěn v příloze B.1.

4.2 Ovládací panel pro rozhodčí

Ovládací ústředna pro obsluhu je nedílnou součástí celé časomíry, díky této jednotce lze samotnou časomíru ovládat. Součástí tohoto rozhraní jsou ovládací prvky pro začátek a konec měření (start/stop), reset měření, displej pro zobrazení časů, výběr programu časomíry a připojení na externí ovládání startu pomocí optické závory.

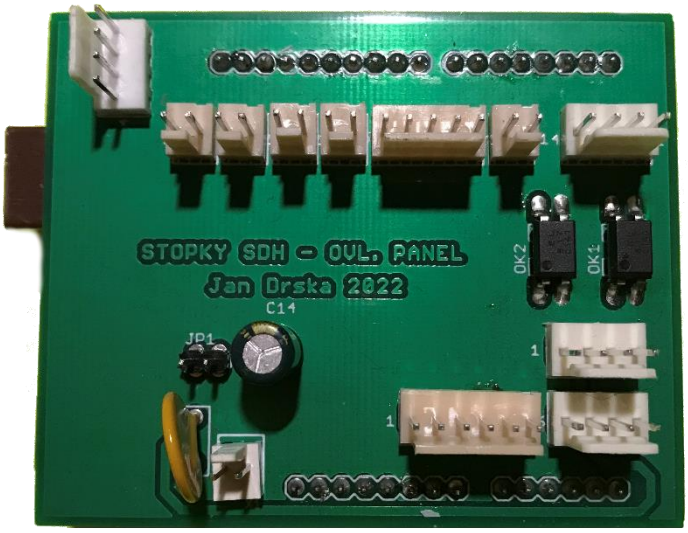
Hlavním prvkem je modul Arduino Uno, pro který byla navržena deska plošného spoje, do které přijde Arduino samotné zasadit jako modul. Plošný spoj bude obsahovat ochranné obvody pro vstupy a výstupy, možnost napájení z 5 nebo 12V zdroje a ochranu proti přepólování či proudovému přetížení. Tato ovládací jednotka bude prostřednictvím sériové linky RS232 komunikovat s ústřednou a bude pomocí příkazů ovládat měření časů. Díky tomuto rozhraní se obsluha celého systému při soutěžích redukuje pouze na jednu osobu, která ovládá toto rozhraní. Pomocí tohoto rozhrání bude možné dálkově spravovat terče, kde bude možné pomocí LED zobrazovat stavy terčů a

v případě potřeby bude možno vyslat příkaz k vypuštění. Tuto jednotku bude možno zastoupit i použitím PC, kde bude vytvořen program pro snadné ovládání ústředny a bude zde možnost vyčítat časy pro budoucí zpracování. U PC však hrozí v případě nehody k zasažení vodou a nelze zajistit voděodolnost. U ovládacího rozhraní bude voděodolnost zajištěna použitím instalační krabice s krytím IP56, což postačuje. Schéma a návrh DPS pro ovládací panel jsou přiloženy v příloze A.7 a A.8. Jako velké rozšíření tohoto systému je možnost víceúčelového použití displeje a ovládacího panelu. Ovládací panel umožňuje počítat skóre, odpočítávat čas, zobrazovat hodiny, a mnoho dalších funkcí, o které lze programově ovládání rozšířit. Možnost rozšíření je předností tohoto systému. Ostatní komerční zařízení tyto možnosti neumožňuje, čímž se tato konstrukce zásadně liší.

4.2.1 Elektronika ovládacího panelu

Ústředním prvkem je Arduino UNO, pro které byla, stejně jako v předchozích případech, vytvořena DPS pro osazení konektorů, stabilizátoru, externích vstupů, chráněných optočleny, I^2C komunikace a komunikace přes RS232 rozhraní.

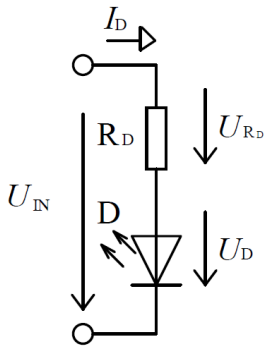
Součástí tohoto modulu jsou dva optočleny, které jsou určené pro připojení externích snímačů pro start nebo stop. Optočleny zde slouží jako ochrana elektroniky pro případ neoprávněného zásahu obsluhy do zapojení samotné jednotky, tak aby nedošlo k poškození mikroprocesoru. Rozšířením tohoto panelu je možnost přidat externí klávesnici s klasickými tlačítky pro funkce start, stop, reset a povolení startu. Tento rozšiřující modul není součástí této práce, je zde uveden pouze jako možnost dalšího rozšíření stavebnice.



Obrázek 4-5 Rozšiřující deska pro ovládací panel.

Součástí návrhu DPS byl i stabilizátor, jehož funkce a zapojení je již detailněji popsána v kapitole 4.1.1. Součástí ovládacího panelu jsou i indikační LED, které

podávají obsluze rychlou zpětnou vazbu. Pro každou LED byl vypočítán předřadný rezistor, který zajistí požadované napětí. U každé LED je výrobcem udávaný jmenovitý proud, který byl z důvodu ochrany LED volen o něco menší. Příklad pro výpočet předřadného rezistoru je níže:



Obrázek 4-6 Schéma zapojení LED s předřadným rezistorem

Vzorec pro výpočet předřadného rezistoru:

$$R_D = \frac{U_{R_D}}{I_D} \quad [\Omega; V, A] \qquad U_{R_D} = U_{IN} - U_D \quad [V; V, V]$$

(1) (2)

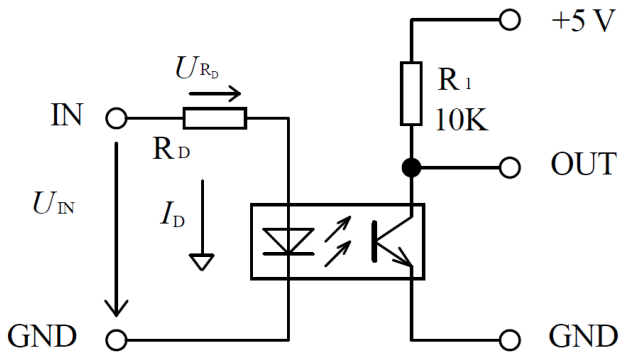
Příklad výpočtu pro hodnoty: $U_D = 1{,}9\ V$; $I_D = 20\ mA$; $U_{IN} = 5\ V$

$$R_D = \frac{U_{R_D}}{I_D} = \frac{U_{IN} - U_D}{I_D} = \frac{5 - 1{,}9}{0{,}02} = 155\ \Omega \doteq \mathbf{150\ \Omega}$$

(3)

Všechny předřadné rezistory na této i na ostatních deskách jsou provedeny podle výše uvedeného vztahu (3) s adekvátními hodnotami ke každému typu součástky.

Součástí desky jsou dva optočleny, které slouží pro připojení externího snímače, který je možno připojit na 5–12V zdroj. Optočleny jsou zde hlavně z důvodu ochrany procesoru proti neodbornému zásahu zvenčí. Optočleny galvanicky neoddělují obvod od venkovního, ale pomáhají nám při zpracování vstupního signálu. U optočlenů se často potýkáme s problémem velmi malého napětí v závěrném směru, kde u vybraných optočlenů EL817 je uvnitř integrovaná dioda, která ochrání LED před případným závěrným napětím. Na výstupu optočlenu se nachází pull-up rezistor, který ve vypnutém stavu optočlenu drží na vstupu procesoru hodnotu logické 1. Tento rezistor není třeba osazovat, je možné jej realizovat softwarově. Hodnota byla zvolena **10 kΩ**, což je postačující a v případě sepnutí tranzistoru optočlenu teče obvodem minimální proud.



Obrázek 4-7 Schéma zapojení optočlenu

Příklad pro výpočet předřadného rezistoru pro LED uvnitř optočlenu v zadaném rozsahu napájecího napětí tj. 5–12 V:

$$U_D = 1{,}2\ \text{V}\ ;\ I_{Dmax} = 60\ \text{mA}\ ;\ U_{IN} = 5 - 12\ \text{V}$$

pro 5 V : $R_D = \frac{U_{R_D}}{I_D} = \frac{U_{IN} - U_D}{I_D} = \frac{5-1{,}2}{0{,}02} = 190\ \Omega\ \doteq \mathbf{200\ \Omega}$

(4)

pro 12 V: $R_D = \frac{U_{R_D}}{I_D} = \frac{U_{IN} - U_D}{I_D} = \frac{12-1{,}2}{0{,}02} = 540\ \Omega\ \doteq \mathbf{570\ \Omega}$

(5)

Po vypočtení hodnoty rezistoru pro minimální a maximální hodnotu vstupního napětí byla vybrána hodnota **330 Ω**, která leží zhruba uprostřed intervalu. Pro tuto hodnotu odporu platí:

$$I_D = \frac{U_{R_D}}{R_D} \qquad [A; V, \Omega] \qquad U_{RD} = U_{IN} - U_D \qquad [\text{V}; \text{V}, \text{V}]$$

(6) (7)

pro 5 V: $I_D = \frac{U_{R_D}}{R_D} = \frac{U_{IN} - U_D}{R_D} = \frac{5-1{,}2}{330} \doteq \mathbf{11{,}5\ mA}$

(8)

pro 12 V: $I_D = \frac{U_{R_D}}{R_D} = \frac{U_{IN} - U_D}{R_D} = \frac{12-1{,}2}{330} \doteq \mathbf{32{,}8\ mA}$

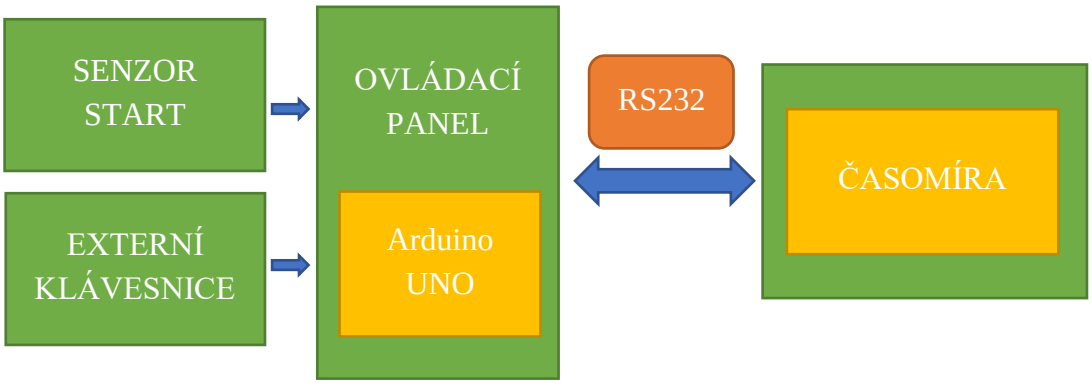
(9)

Z vypočtených hodnot je patrné, že nedojde k překročení maximálního proudu, který může protékat LED. Maximální dovolený proud je 60 mA, kde za použití této konfigurace jsme zhruba na polovině tohoto rozsahu.

4.2.1 Ovládací rozhraní

Jedná se o rozhraní, jehož součástí je elektronika popsaná v kapitole 4.2.1. Pro ovládání byl vybrán rotační enkodér v kombinaci s tlačítkem. Enkodér slouží pro orientaci v menu a tlačítko pro potvrzování příkazů. Rozhodčí má k dispozici menu se stromem, kde si může vybírat typ sportu nebo akce a pak v jednotlivých dílčích menu jsou již nabídky nebo příkazy k vybranému sportu či akci. Zobrazovaní je provedeno na displeji 16 × 2 symbolů, který je vybaven komunikačním rozhraním pro I^2C komunikaci. K ovládacímu rozhraní je možno připojit externí klávesnici, dva externí vstupy pro ovládání startu a zastavení stopek. Nutným je připojení ovládacího panelu k ústředně. Toto propojení je provedeno za pomocí sériové linky RS 232, kde jsou využity komunikační piny, společná zem a dva ze zbylých pinů jsou využity pro distribuci napájecího napětí z ústředny. K tomuto modulu tedy není potřeba přivádět extra žádný zdroj napájecího napětí. Pro snadnější orientaci ve fázi soutěže je panel vybaven pěti indikačními LED. Tyto LED indikují pro zobrazení stavu obou terčů (prázdný / plný) a celého systému (RUN – indikace zapnutého stavu, READY – připraveno pro start).

Obrázek 4-8 Model krytu ovládacího panelu s ovládacími a signalizačními prvky.



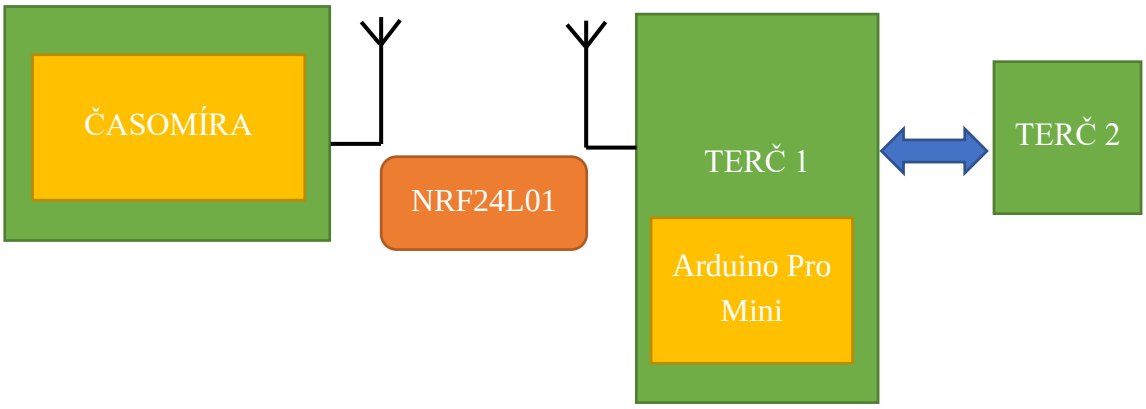
Obrázek 4-9 Blokové schéma zapojení ovládání do systému

4.2.2 FW pro jednotku ovládacího panelu

Program pro řídicí jednotku ovládacího panelu je napsán v jazyce C++. Program má za úkol řídit ústřednu podle stanoveného postupu. Prostřednictvím tohoto modulu je obsluze umožněno ovládat celý komplet časomíry. V programu jsou využívány standardní volně dostupné a šiřitelné knihovny. Součástí bakalářské práce je program pro hasičské stopky pro požární sport. Pro rozšíření je již zdrojový kód připraven pro další možnosti, které však zatím nejsou realizovány, ale jejich realizace je plánována do budoucna. Program pro jednotku ovládacího panelu je přiložen v elektronických přílohách této práce. Zjednodušený vývojový diagram programu je umístěn v příloze B.2.

4.3 Řídicí jednotka pro terče

Jako řídicí jednotku pro terče byla zvolena varianta Arduino Pro Mini, která je menší, ale počtem svých vstupů a výstupu plně dostačuje našim potřebám. Stejně jako u ústředny byla navržena deska plošného spoje, do které přijde modul Arduina zasadit. Součástí desky jsou obvody pro ochranu vstupů, 5V stabilizátor pro Arduino a výkonové spínací prvky pro ovládání ventilů a signalizačních světel. Terče jsou dva, ale jen v jednom bude tato elektronika a druhý bude propojen pouze ovládacím kabelem. Tato jednotka bezdrátově komunikuje s ústřednou a probíhá zde oboustranná komunikace i s potvrzením přijetí zprávy. Následující blokové schéma ukazuje pospojení komponent.

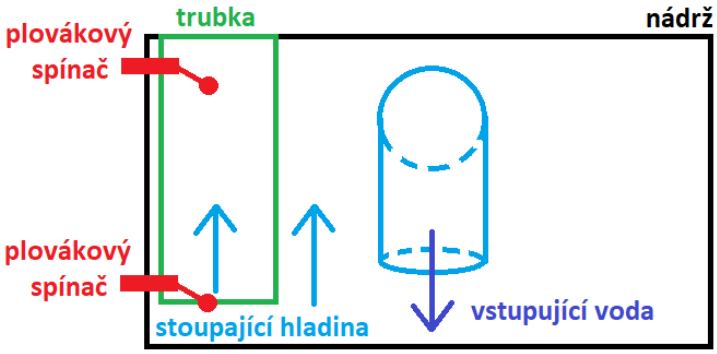


Obrázek 4-10 Blokové schéma vzájemného propojení terčů a komunikace s ústřednou.

Terče jsou mezi sebou propojeny pouze jedním kabelem, který zajišťuje napájení a přenos signálů. Řídicí jednotka terčů funguje zcela samostatně a sama obsluhuje vyprazdňování terčů, rozsvěcení signalizace a odesílání stavových informací. Komunikace mezi ústřednou a jednotkou terčů je založena na posílání stavových informací, kde ústředna potřebuje přijímat informace o stavu terčů (prázdno/plno). Tyto

informace potřebuje ústředna pro povolení startu nebo zastavení měření času. Jednotka terčů primárně nepřijímá žádné příkazy od ústředny. Je ale schopna v případě potřeby (například při nečekaném přerušení závodu) na povel obsluhy vypustit případný obsah nádrží.

Snímaní hladiny v nádrži je navrženo tak, že se do nádrže svisle vloží plastová trubka, která bude uchycena tak, aby přitékající voda mohla stoupat odspodu skrze trubku. Tato trubka nám pomůže stabilizovat rozvířenou hladinu a umožní tak přesnější detekci plného terče. U terčů detekujeme dva stavy plno a prázdno. Detekce je provedena pomocí dvou jednoduchých plovákových snímačů, kde jeden snímá prázdnou nádrž a druhý její naplnění do výšky, která odpovídá 10 l. Princip detekce hladiny je znázorněn na obrázku níže.



Obrázek 4-11 Nákres principu detekce stavů terče.

Součástí terče bude i světelné signalizační zařízení, které bude svou aktivací oznamovat soutěžícím naplnění terče. Po naplnění terče dojde k odeslání stavové informace na ústřednu. Informace bude nést údaj o tom, který z terčů je naplněn a v jaký čas bylo dosaženo naplnění. Po naplnění obou terčů se nádržky sami vyprázdní aktivací ventilů, které umožní vypustit vodu. Po vypuštění vody bude na ústřednu odeslána informace o tom, že terče jsou připraveny a ústředna teprve poté povolí start nového závodu. Díky této modifikaci jsou terče jednodušší na obsluhu a ušetří minimálně jednu osobu.

Napájení terčů je řešeno pomocí připojení 12V autobaterie. Pro další rozšíření je počítáno s napájením pomocí solárního panelu. Schéma a návrh DPS pro ovládání terčů jsou přiloženy v přílohách A.5 a A.6.

Terče jsou podstatnou částí celého celku. Terče navržené pro tuto aplikaci jsou plně autonomní zařízení s vlastním zdrojem elektrické energie (baterie, případně externí zdroj). Vzhledem ke vzdálenosti je komunikace prováděna za pomocí bezdrátového přenosu informací.

4.3.1 Elektronika pro terče

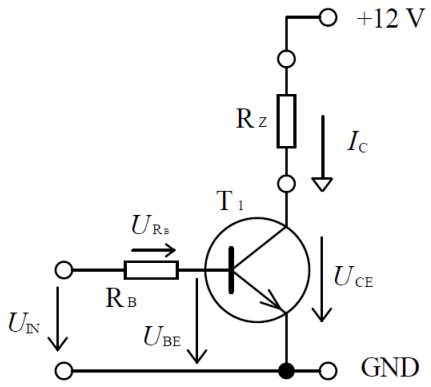
Hlavní řídicí jednotkou je Arduino Pro Mini, které zajišťuje již zmíněnou komunikaci mezi terči a ústřednou, detekci stavu vody v nádržích, automatické vyprazdňování a ovládání světelné signalizace stavu terčů. Na tuto desku byla stejně jako u předchozího modulu vytvořena deska s konektory, stabilizátorem a s výkonovými spínacími prvky v podobě tranzistorů.

Obrázek 4-12 Řídicí modul pro řízení terčů.

Na obrázku 5-7 je vidět rozšiřující deska pro osazení modulu Arduino Pro Mini (na fotografii ještě neosazen). Ten je pomocí propojovací desky propojen s periferiemi. Periferie jsou připojovány pomocí konektorů, kde externí jsou do boxu zavedeny přes vodotěsné průchodky. Anténa je z důvodu menšího útlumu vyvedena na boční stranu boxu. Box bude umístěn na zadní straně terče, kde nebude vystaven přímému proudu vody z proudnic, ale přesto je dbán důraz na voděodolnost, která je u boxu deklarovaná výrobcem na IP 56, což nám postačuje (v místě instalace se vyskytuje maximálně aerosol). Tento modul je vyroben v jednom kusu. Druhý terč obsahuje stejný box s konektorem a průchodkami, kde však není elektronika. Je zde pouze spojovací a potenciálová svorkovnice. Terče jsou mezi sebou propojeny kabelem s konektorem. Napájení je do boxu s elektronikou přivedeno pomocí druhého konektoru. Pro napájení je nutný zdroj 12 V, kde je primárně počítáno s bateriovým provozem.

Na DPS se nachází stabilizátor napětí LM78M05, kde schéma zapojení je popsáno v kapitole 4.1.1.

Součástí rozšiřující desky jsou dále 3 výkonové tranzistory pro spínaní až 3A zátěže. Tyto tranzistory jsou určené ke spínání dvou signalizačních světel (signalizace zaplnění terče) a ke spínání elektrického ventilu na vypouštění vody. Původně bylo počítáno se solenoidem, který ale potřebuje ke svému chodu daný tlak vody, což nelze v našem případě provést. Kulový ventil, který byl dodán SDH je ovládán pomocí dvou 12V signálů, kde jsou vyvedeny 3 vodiče (0 V, +12 V směr 1 a +12 V směr 2). V tomto případě nelze použít realizovanou logiku s jedním tranzistorem, a tak bylo přidáno relé, které je ovládáno tranzistorem a zajišťuje střídání směru otáčení ventilu. Toto relé není součástí DPS, je připojeno externě. Výpočet bázových rezistorů je proveden níže:



Obrázek 4-13 Použité zapojení NPN tranzistoru se společným emitorem

Hodnoty potřebné pro výpočet (V_{BE} a β jsou vyčteny za katalogu [15]):

$$V_{BE} = 0{,}8\,V; \beta = 100 - 475\,;\ I_C = 500\,mA\,;\ U_{IN} = 5\,V\,;\ U_{CE} = 0{,}05\,\mathrm{V}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad [A; -, A] \rightarrow\ I_B = \frac{I_C}{\beta} \quad [A; A, -] \tag{10}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0{,}5}{100} = \mathbf{5\ mA} \tag{11}$$

Vypočtený proud však není zárukou pro úplnou saturaci tranzistoru, proto dle základních pouček navýšíme proud na dvoj až trojnásobnou hodnotu. Volíme **15 mA**.

$$R_\mathrm{B} = \frac{U_{R_B}}{I_\mathrm{B}} = \frac{U_\mathrm{IN} - U_\mathrm{BE}}{I_\mathrm{B}} = \frac{5 - 0{,}8}{0{,}015} = 280\ \Omega\ \doteq\ \mathbf{330\ \Omega} \tag{12}$$

Jako bázový rezistor volíme hodnotu **330 Ω**, která zajistí plnou saturaci tranzistoru.

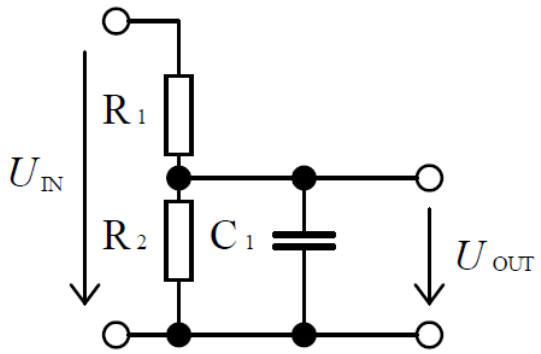
Pro kontrolu je nutné vypočítat ztrátový výkon na tranzistoru (P_{MAX} = 5 W).

$$P_T = U_{CE} \cdot I_C \quad [W; V, A] \tag{13}$$

$$P_T = U_{CE} \cdot I_C = 0{,}0 \cdot 0{,}5 = \mathbf{25\ mW} \tag{14}$$

Vypočtená hodnota ztrátového výkonu je velmi malá, a nepřekračuje povolenou mez.

Pro vyhodnocování stavu hladiny jsou použity dva plovákové snímače, které mají binární výstupy 0 nebo 12 V, tento signál je zpracován za pomocí napěťového děliče a dále vyhodnocen procesorem. Výpočet pro dělič je uveden níže.



Obrázek 4-14 Schéma napěťového děliče

Příklad výpočtu:

zadané hodnoty: $U_{IN} = 13{,}5$ V; $U_{OUT} = 5$ V ; $C_1 = 100$ nF

pro výpočet děliče využijeme vzorec:

$$U_{OUT} = \frac{R_2}{R_1 * R_2} * U_{IN} \quad [V; \Omega, \Omega, \Omega, V] \tag{15}$$

Za R_2 zvolíme hodnotu 10 kΩ, pak platí:

$$R_1 = \frac{R_2(U_{IN} - U_{OUT})}{U_{OUT}} = \frac{10000(13{,}5 - 5)}{5} = 17\ k\Omega \doteq \mathbf{18\ k\Omega} \tag{16}$$

Vypočtená hodnota odporu nám zajistí, že na vstupu procesoru nebudeme mít více jak 5 V, což je podmínka. Z toho důvodu je počítáno s napájecím napětím 13,5 V. Kapacita, která je ve schématu slouží pouze k jemné filtraci případných zákmitů.

4.3.2 FW pro jednotku terčů

Program pro řídicí jednotku terčů je napsán v jazyce C++. Program má za úkol řídit terče podle stanoveného postupu. Terče jsou samostatným celkem a jejich řídicí jednotka musí umět reagovat na změny hladiny a na potřeby ústředny. Systém má za úkol snímat hodnoty čtyř snímačů. Dále program ovládá světelnou signalizaci a elektrické kulové ventily. V programu jsou využívány standardní volně dostupné a šiřitelné knihovny. Program pro jednotku terčů je přiložen v elektronických přílohách této práce. Zjednodušený vývojový diagram programu je umístěn v příloze B.3.

4.4 Velkoformátový displej

Velkoformátový displej je jednou z hlavních částí časomíry, není však nepostradatelný, ale zlepšuje divákům i soutěžícím požitek ze soutěže samotné. Nároky na displej jsou vysoké. Displej musí být čitelný za snížené viditelnosti a při přímém slunečním svitu. Vzhledem k náročnosti soutěže musí být i mechanicky odolný a zároveň musí mít dostatečné krytí IP. Na displej samotný by voda dopadat neměla, ale občas se stávají nehody, při kterých praskne hadice. V tomto případě může dojít i k zasažení displeje samotného. Pro praktické provedení bylo rozhodnuto otestovat několik řešení, které jsou popsány v následujících bodech této kapitoly.

4.4.1 Výběr a rozbor možných řešení

Pro odzkoušení různých typů displejů byly vybrány tyto konstrukce:

- velkoformátový průmyslový 7 segmentový displej,
- velkoformátový 7 segmentový displej složený z LED pásků,
- LCD monitor,
- maloformátový 7 segmentový průmyslový displej, který je zvětšený pomocí Fresnelovy čočky.

Velkoformátový průmyslový 7 segmentový displej

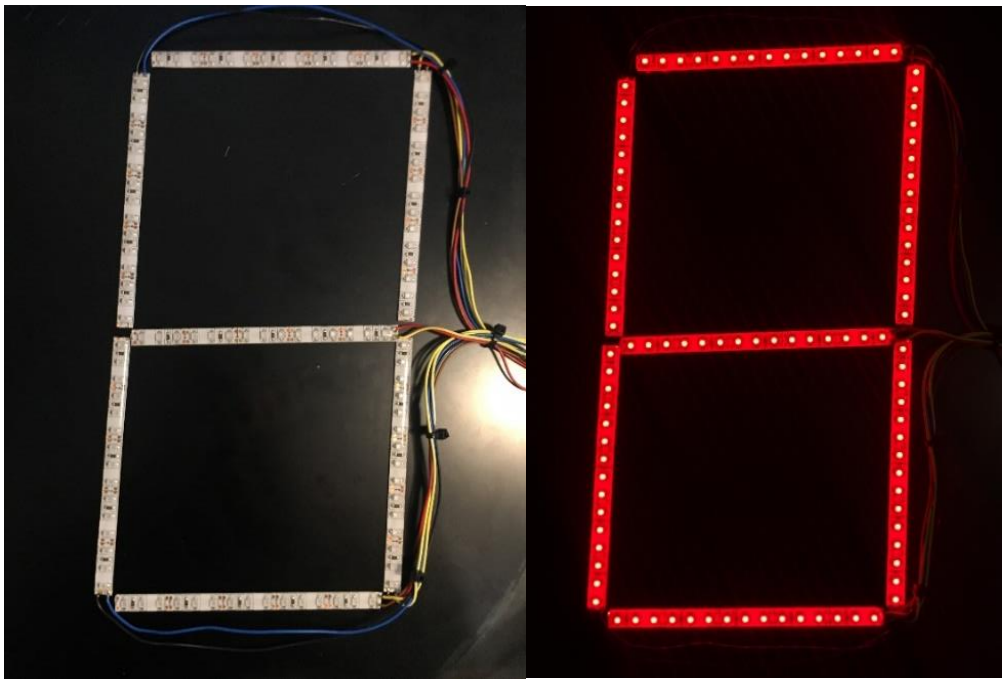
Velkoformátový 7 segmentový displej o rozměrech přibližně velikosti A4, tak jak požaduje SDH Jizbice, je velmi těžké sehnat. V praxi se klasické displeje v této velikosti již skládají z jednotlivých digitů, které jsou složeny z několika řad LED. S takto tvořenými displeji se často setkáváme například na čerpacích stanicích, kde je nutná velká svítivost a čitelnost za jakéhokoliv počasí. Nevýhodou je dostupnost náhradních dílů, kde není zaručena jednoduchá náhrada, tak aby se nemusel měnit celý

displej. Vzhledem k větší složitosti stoupá i cenová náročnost, kde v našem případě by cena byla příliš vysoká. Převyšovala by cenu za celou časomíru. Displej není stěžejní částí pro funkci časomíry, proto je použití této technologie vyloučeno z možného řešení. Vzhledem k výše uvedeným faktům tento typ displeje nebyl testován praktickou zkouškou, ale jen pouze zkoumáním provedení displejů u čerpacích stanic.

Velkoformátový 7 segmentový displej složený z LED pásků

V hobby projektech se často vyskytují displeje, které jsou složené z dnes velmi oblíbených LED pásků. LED pásky jsou vyráběné v různých výkonech, kde se u vyšších výkonů musí počítat se zahříváním čipů a jejich chlazením. U většiny výkonových LED pásků se problém s chlazením řeší zvětšením mezery mezi jednotlivými čipy, což je ale v našem případě nežádoucí. Na zobrazovač naší velikosti se LED pásky jeví jako ideální a jednoduchá varianta, ale velké mezery mezi čipy snižují čitelnost, a i za použití difuzoru nemusí být obraz jednolitý. Tento LED pásek byl zvolen pro svoji vysokou svítivost, vyzařovací úhel 120° a malou mezeru mezi čipy samotnými. Pro srovnání výsledků byl vyroben 1 kus zobrazovače z LED pásků s parametry:

- 120 červených LED/m,
- 9,6 W/m,
- 800 lm/m,
- stupeň krytí IP 65.



Obrázek 4-15 Prototyp jednoho digitu zobrazovače z LED pásků.

Z uvedených obrázků je patrné, že lze relativně jednoduše postavit digit z LED pásků. Při testu této konstrukce bylo provedeno měření teploty při konstantním proudu 0,55 A a jmenovitém napájecím napětí 12 V. Pro test byla vybrána číslice 8, která představuje největší možnou zátěž. Po přesně hodině chodu stoupla teplota LED pásku z 20 °C na 48 °C, kde došlo k ustálení a teplota již dále nerostla. Výrobce LED pásku uvádí nutnost nalepení pásků na hliníkový profil, který zabezpečí správné chlazení. LED pásek vzhledem ke své svítivosti má relativně velkou tepelnou ztrátu a v našem případě je tato ztráta větší, než při použití LED navržených v kapitole 6.4.

Jako difuzory byly použity pauzovací papír a difuzor podsvícení z LCD displeje. Oba difuzory fungovaly dle očekávání. Lepším difuzorem se opticky zdá pauzovací papír. Svítivost není špatná, ale není dostačující pro naše potřeby. Zde by bylo nutno použít pásek s výkonem alespoň s 15 W/m, což by vyžadovalo přidání větších chladících profilů a větší spotřebu. Spotřeba by byla kolem 2 A na jeden celý digit.

LCD monitor

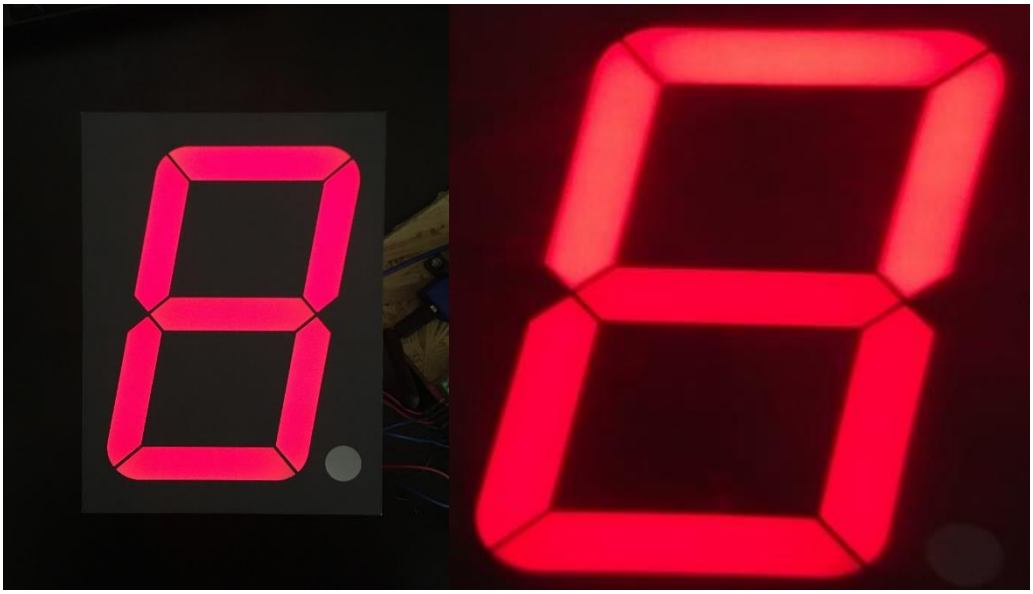
LCD monitory se dnes vyrábějí ve velké škále velikostí a typů. Jejich schopnosti zobrazování za posledních let velmi pokročily. V našem případě se tedy nabízí použití LCD monitoru místo složitého zobrazovače. LCD monitory mají však pár nevýhod, díky kterým se pro naše použití moc nehodí. První a zásadní nevýhodou je stupeň krytí. Monitory jsou ve většině případů určeny k montáži do vnitřního prostředí, nikoliv do venkovního. V našem případě hrozí nebezpečí vniknutí vody, což by vyžadovalo vyrobit odolný obal a do něj monitor umístit. To by však vedlo ke snížení čitelnosti displeje. Další nevýhodou je malá mechanická odolnost. Displej bude často převážen a nevhodná manipulace by jej mohla snadno poškodit. Z těchto důvodů bylo rozhodnuto LCD monitor vyřadit z možných variant a od testů bylo odstoupeno.

Maloformátový 7 segmentový displej zvětšený Fresnelovou čočkou

Další možností konstrukce zobrazovače je využití 7 segmentového displeje, který se zvětší pomocí Fresnelovy čočky. Z nabídky firmy TME byl objednán největší možný 7 segmentový zobrazovač typ FYS-40011AUHR-21 FORYARD, který má parametry:

- rozměry d × š × h 90 × 122 × 15 mm,
- svítivost 30–60 mcd,
- barva červená,
- proud 20 mA.

Zakoupená Fresnelova čočka má rozměr A4 a disponuje dvojnásobným zvětšením. Už z parametrů je patrný problém se svítivostí, která je velmi malá. Po přiložení Fresnelovy čočky dojde ke zvětšení, které by dostačovalo požadavkům.



Obrázek 4-16 Maloformátový 7 segmentový zobrazovač bez a s čočkou.

Na výše zobrazeném obrázku jsou vidět dvě fotografie zkoušeného řešení s malým digitem. Po otestování vlastností byly zjištěny tyto nedostatky:

1) V případě použití čočky je nutné dodržet od displeje určitou vzdálenost, tak aby byl obraz ostrý a aby byl velký dle požadavků. V našem případě by to znamenalo cca 20 cm, což by zásadně zvětšilo konstrukční požadavky na displej.
2) Další zásadní nedostatek je odraz a lom světla. Při použití Fresnelovy čočky se zásadně zmenší pozorovací úhel pouze na čelní pohled, což nevyhovuje požadavkům.
3) Od čočky se také velmi odráží světlo, což snižuje čitelnost.
4) Při použití čočky se zajisté uplatní i větší zahřívání při vystavení přímému slunečnímu záření. Zahřívání by mohlo vést k přehřívání LED a elektroniky uvnitř zobrazovače.

Vlivem těchto nedostatků bylo od této možnosti upuštěno.

4.4.2 Velkoformátový displej

Z poznatků, získaných v předchozích testech, popsaných v kapitole 4.4.1, byla vybrána konstrukce vlastního řešení, které spojí dobré vlastnosti předchozích variant a bude odpovídat požadavkům pro použití nejen pro požární sport. Navržený displej bude obsahovat informace o časech 2 proudů, a to ve formátu DM.M:DS.S. Milisekundy nebudou zobrazeny na hlavním displeji, ale budou zobrazeny na displeji ovládacího pultu a budou součástí finálních výsledků.

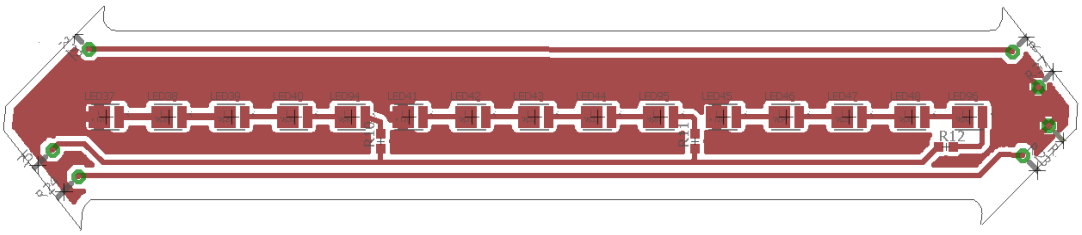
Konstrukce je inspirována řešením profesionálních velkoformátových displejů, kde byl navržen plošný spoj, na kterém budou rozmístěné LED s vysokou svítivostí. Pro naše řešení byly vybrány LED typu OF-SMD2835R a jejich parametry jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 4-1 Parametry zvolené LED.

DIODA	LED OF-SMD2835R
svítivost [mcd]	1700-2200 mcd
jmenovitý proud diodou I_f	60 mA
jmenovité napětí U_f	1,8-2,4 V
barva	červená
pouzdro	2835

Návrh desek plošných spojů

Pro návrh desky plošného spoje byl použit program Eagle. Pro jednodušší výrobu a případný budoucí servis byl digit rozdělen na 5 dílů, které se následně mezi sebou propojí kabeláží. Na každém segmentu je v sérioparalelním zapojení celkem 15 LED, které jsou rozdělené do 3 částí. Každý segment je navržen tak že jej lze připojit přímo na 12 V a k jemnému doladění proudu je zde malý srážecí rezistor, na kterém nevzniká velká výkonová ztráta. Na jednom digitu je celkem 105 LED zmíněného typu.

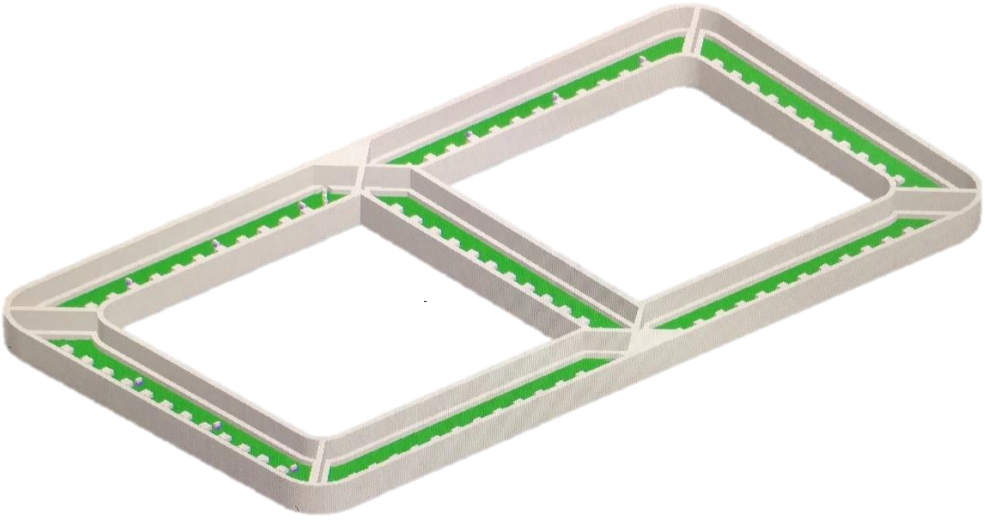


Obrázek 4-17 Detail jednoho navrženého segmentu.

Takto navržené segmenty byly upraveny pro výrobu prototypu. Za použití CNC frézky byl vygravírován vzor, vyvrtány otvory pro součástky a vyfrézován konečný tvar desek plošných spojů. Desky byly následně opracovány a ošetřeny nátěrem laku proti oxidaci mědi. Na připravený plošný spoj byla nanesena pájecí pasta, do niž byly ručně osazeny LED, které byly za pomocí horkovzdušné pájecí stanice zapájeny. Schéma a celá DPS návrhu jsou umístěny v příloze A.3 a A.4.

Návrh difuzoru a mechanického upevnění

Pro zlepšení mechanické pevnosti byla navržena kostra, do které se jednotlivé díly zasadí. Pro návrh kostry byl použit program Inventor, kde bylo možno využít propojení CAD programů přes DXF soubory a kostru přesně navrhnout pro zasazení jednotlivých dílů. Navrhnutá kostra byla vytištěna na 3D tiskárně a po následném opracování a pár úpravách byly do ní vyrobené díly zasazeny. Na přední část kostry bude přidělán difuzor, který pomůže usměrnit světelný tok. Jako difuzor bylo navrženo použití pauzovacího papíru, nebo difuzoru z LCD monitoru. Rozhodnutí o použití druhu difuzoru bude provedeno až po provedení a vyhodnocení testů. Na obrázku níže je vidět model navržení kostry digitu i s již vsazenými deskami plošných spojů



Obrázek 4-18 Sestava kostry a jednotlivých DPS jednoho digitu.

Součástí tištěné kostry budou zámky, které budou sloužit pro jednoduché, ale zároveň přesně slícování digitů vůči sobě. Tyto zámky budou také sloužit k upevnění koster na nosnou desku displeje.

Návrh elektroniky pro řízení

Z počátku byly uvažovány tři varianty. První varianta je použít jako základní jednotku Arduino, kde poběží stopky a čas bude převáděn postupně na BCD kód. Tento kód bude po 4bitové sběrnici posílán na 4bitové klopné obvody typu D, které budou ovládány pomocí enable signálu z Arduina a vždy načtou jen data, které jsou pro ně určená. Z D klopných obvodů signál projde na dekodér BCD/7segment a následně přes tranzistorové pole ULN2003 by bylo prováděno spínání jednotlivých segmentů. Tato varianta byla prvotní a následně byla vyřazena z důvodu potřeby velkého množství kabeláže a složitosti.

Druhá varianta byla asi nejpoužívanější způsob při ovládání 7 segmentových displejů. Jedná se o použití mikroprocesoru, kde by se segmenty ovládaly pomocí multiplexování společných anod nebo katod. Tato metoda je velmi jednoduchá a pro standardní použití v elektronice je dostačující. Při vyšších výkonech často bývá, znát pokles jasu. Tento jev je způsoben příliš rychlým přepínáním segmentů, při kterém se LED nestihnou řádně rozsvítit. Tento problém řeší elegantně varianta č. 1, kde díky D obvodům každý 7 segmentový displej drží předchozí hodnotu a změní ji až ve chvíli, kdy je tomu potřeba. Díky této nevýhodě multiplexování bylo rozhodnuto tuto variantu také vyloučit.

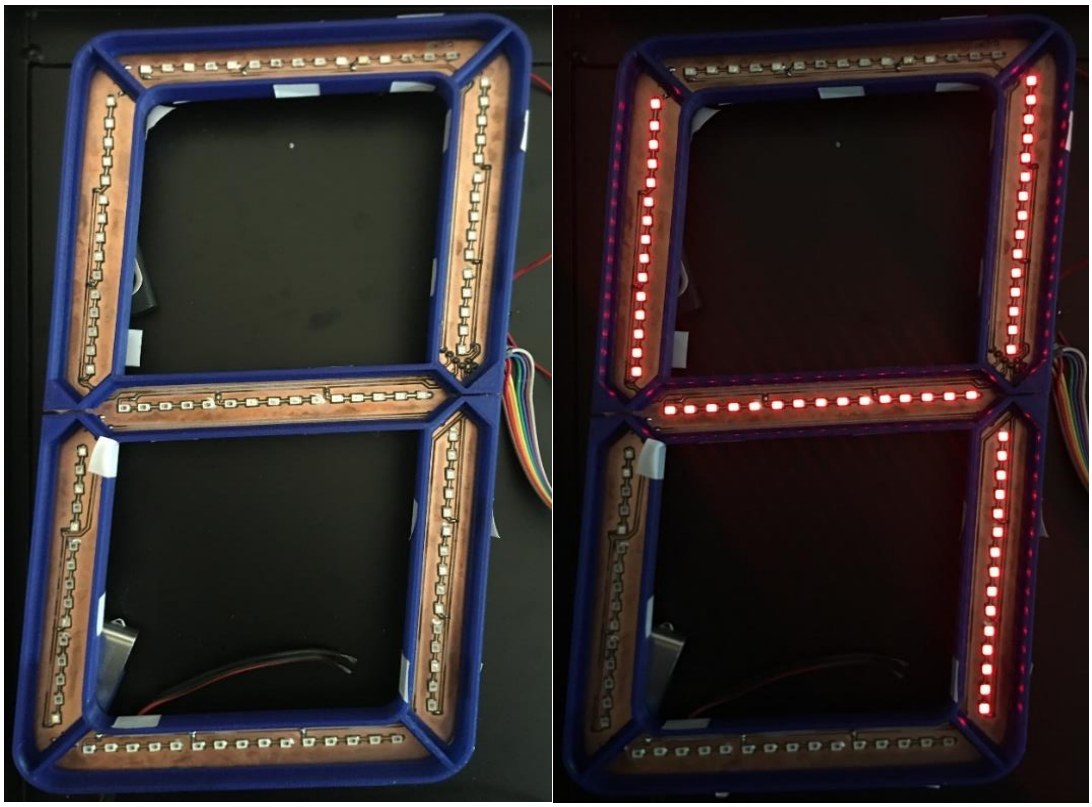
Třetí a finální variantou je použití mikroprocesoru ústředny a komunikace přes I^2C sběrnici. I^2C sběrnice pomůže zjednodušit program, zkrátit délku vodičů mezi displeji a umožní distribuovat informace s menším počtem vodičů. Každý 7 segmentový displej bude mít vlastní modul, který komunikuje prostřednictvím zmiňované I^2C sběrnice. Tento modul složí jako I^2C rozšíření výstupů Arduina. Pro tento účel bylo vybrána součástka s označením PCF8574, která disponuje 8 výstupy, které lze použít. Spínací proud součástky je však velmi malý, a proto bylo rozhodnuto na výstupy připojit ULN2003, které nám umožní spínat požadované proudy až do 0,5A na výstup. Tato varianta má však jednu nevýhodu, kterou je omezený počet modulů na sběrnici. U PCF8574 je možno adresovat maximálně 8 zařízení. V našem případě potřebujeme 8 modulů, což přesně vychází a tato nevýhoda se neprojeví. Každý modul je možno pomocí propojek adresovat na jedinečnou adresu (3 bity – 8 kombinací). Schéma návrhu je umístěno v příloze A.1.

Zkouška jednoho digitu displeje

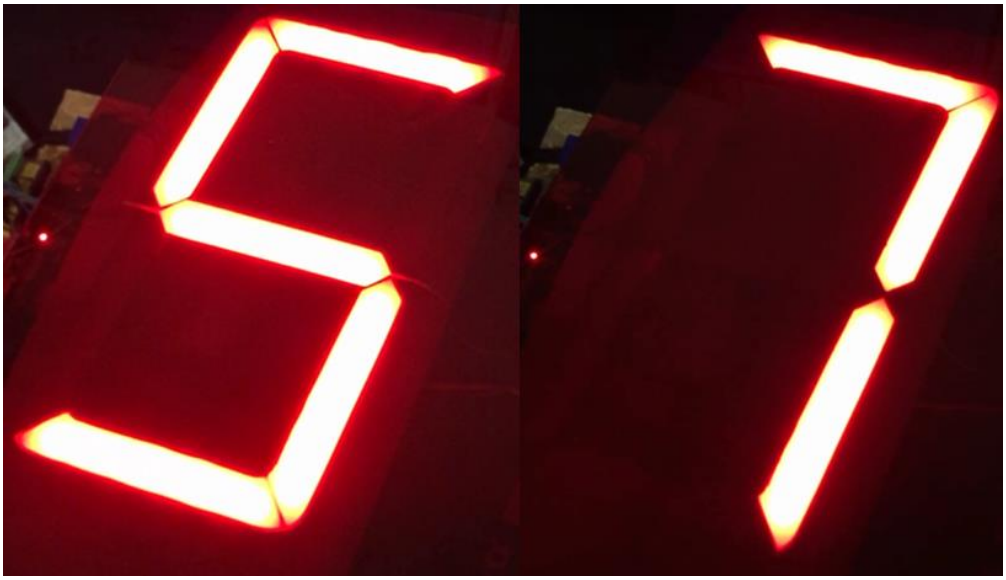
Po vyrobení prototypů desek plošných spojů byly DPS zasazeny do kostry vytištěné na 3D tiskárně. Pro testy byly připraveny 2 typy materiálů, které by mohly sloužit jako difuzor. Jedná se o pauzovací papír, nebo difuzor z LCD panelu. Diody jsou schopné pracovat maximálně s proudem 60 mA. Pro naše použití byla tato hranice snížena na 50 mA, což nám zajistí menší vypalování čipů a delší výdrž displeje. Displej je navržen tak, že každý segment pracuje na 12 V s proudem 3 × 50 mA, což je dohromady 150 mA. Celý digit při zobrazení čísla 8 bude mít spotřebu 1,05 A.

Při prvním testu byl vyzkoušen pouze samotný displej, složený z 5 dílů. Jako napájecí napětí bylo zvoleno 12 V a proud diodami 50 mA. Při tomto testu byla ověřena funkčnost všech segmentů. Při druhém testu bylo vyzkoušeno, jak bude vypadat obraz při zasazení do vytištěné kostry. Po založení DPS do kostry bylo zjištěno, že se zásadním způsobem sníží čitelnost a je možno displej číst pouze zepředu, což nevyhovuje požadavkům. Ve třetím testu byl přiložen na kostru pauzovací papír, který díky svým optickým vlastnostem ve spolupráci s kostrou rozptýlil vyzařované světlo přesně do ohraničeného tvaru segmentů a znovu umožnil sledovat displej z většího pozorovacího úhlu. Při použití difuzoru však dochází k malému úbytku jasu displeje. Při přiložení profesionálního difuzoru z LCD displeje se výsledek zobrazení o moc nelišil od pauzovacího papíru. Byly zde však více znatelné jednotlivé LED. Při provozu digitu dochází k zahřívání DPS i LED samotných. Z tohoto důvodu bylo provedeno měření teploty při dvou stavech. Prvním stavem bylo postupné zobrazování číslic 0-9, jak tomu bude při reálném použití. Číslice byly měněny s každou sekundou po dobu jedné hodiny. Při tomto měření bylo zjištěno, že se teplota z počáteční hodnoty 20 °C zvedne na 29 °C, což je velmi dobrý výsledek. Druhým stavem bylo zobrazení číslice 8, která pro displej představuje největší zátěž. Stejně jako u měření teploty digitu složeného z LED pásků, bylo nastaveno konstantní napájecí napětí 12 V, což odpovídá proudu 1 A. Takto byl displej ponechán hodinu rozsvícený a po celou dobu byla zaznamenávána jeho teplota. Počáteční teplota byla 30 °C, kde bylo navázáno na předchozí test bez čekání na zchladnutí na původní teplotu 20 °C. Po hodině se teplota vyšplhala na 43 °C, kde se hodnota ustálila. Tato teplota je v rozmezí udávaným výrobcem a pro naše účely je přijatelná. Oproti displeji z LED pásků má tato konstrukce menší ztrátový výkon, a tudíž se více hodí pro použití v této aplikaci. Při pořizování fotografií se však oba výsledky zdají stejné, tudíž není možno výsledek hodnotit podle fotografie. Nakonec bylo rozhodnuto pro použití pauzovacího papíru z důvodu lepšího rozptýlení světla, menší viditelnosti jednotlivých LED a lepší dostupnosti. Difuzory v LCD panelech jsou typ od typu jiné a muselo by se při jejich použití sehnat několik úplně stejných zařízení, což by bylo složitější než sehnat snadno dostupný pauzovací papír. Vzhledem k velmi vysoké svítivosti vybraných LED bylo pro potřeby fotografií

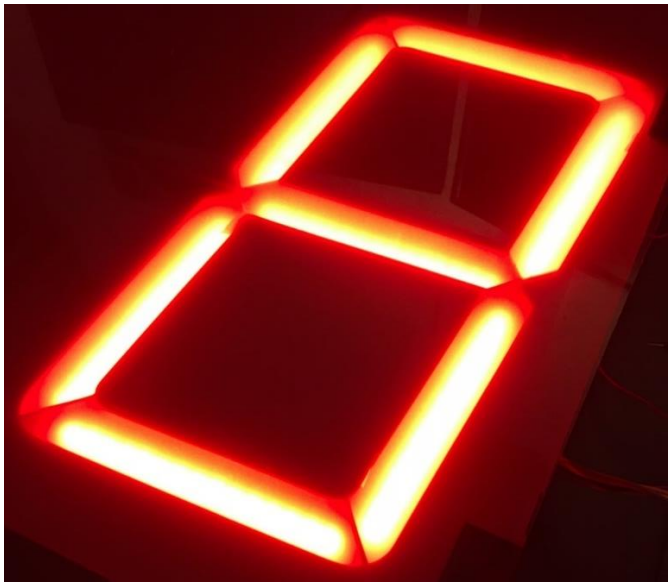
nutné snižovat jejich výkon a často bylo nutno fotit z bočního pohledu. Bez těchto úprav jinak docházelo k přesvícení některých míst a fotografie nebyla dostatečně kvalitní.



Obrázek 4-19 Zkompletovaný digit a zkouška zobrazení číslice 4.



Obrázek 4-20 Zkouška difuzoru – pauzovací papír.



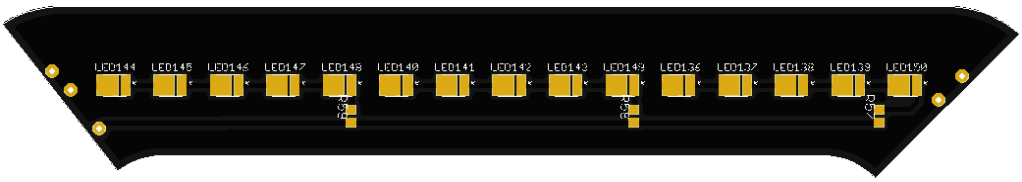
Obrázek 4-21 Zkouška difuzoru – difuzor z LCD displeje.

4.4.3 Finální návrh velkoformátového displeje

Dle zkoušek výše popsaných v kapitole 6 bylo rozhodnuto zkonstruovat displej za pomocí vlastních 7 segmentových zobrazovačů. Po úspěšném odzkoušení jednoho prototypu byly navržené desky plošných spojů objednány u profesionální firmy. Tyto plošné spoje byly vyrobeny na hliníkovém podkladu. Hliníkový podklad byl zvolen pro lepší chlazení čipů.

4.4.4 Výroba a testování vyrobených DPS

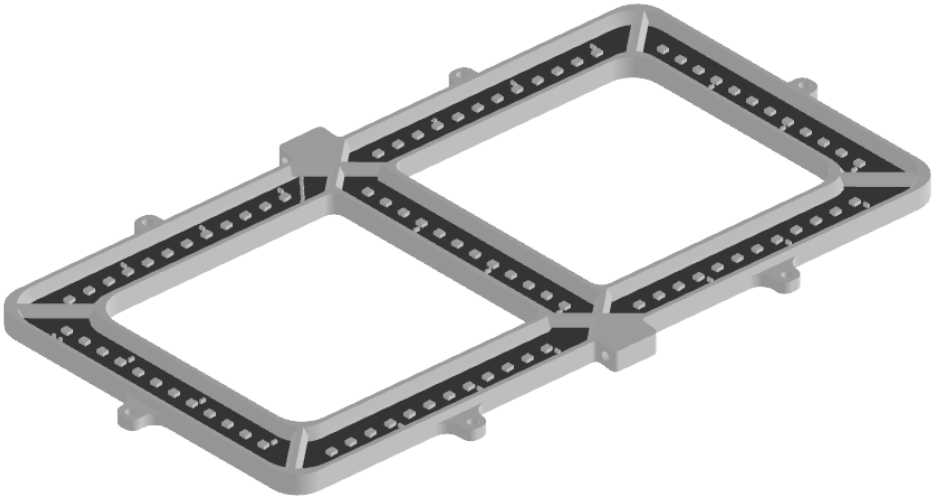
Osazování plošných spojů bylo prováděno za pomocí ručně nanesené pájecí pasty, do které byly následně vloženy LED. Vzhledem k hliníkové konstrukci nebylo možné LED zapájet horkovzdušnou páječkou, protože hliníkový základ dokázal perfektně odvádět teplo a na zapájení LED by bylo potřeba daleko delšího působení páječky, což by vedlo k poškození pouzder LED. Z toho důvodu bylo zvoleno pájení v peci, kde je DPS položena na pás, který se pohybuje pomalou rychlostí (zhruba 20 cm za minutu) a postupně projíždí 3 sekce. Předehřívání, pájení a chlazení DPS. Po zapájení diod byl proveden funkční test všech DPS a případné chyby byly odstraněny.



Obrázek 4-22 Vizualizace finálního vzhledu jednoho segmentu digitu s černou maskou.

Při návrhu bylo původně počítáno s podkladovým materiálem FR4 a v plánu bylo DPS spojit pomocí drátků, které by byly zapájeny skrze desku, jako tomu je například u THT součástek. Při objednávání byl však zvolen hliníkový základ, což vedlo k pár nedostatkům. Připravené díry pro drátky se staly potencionálním místem ke zkratu, což bylo třeba vyřešit. Vyvrtané díry pro drátky bylo nutné zaslepit, tak aby při pájení nedošlo k zatečení cínu do děr, což by mohlo způsobit zkrat. Zaslepení bylo provedeno za pomocí speciálního žáruvzdorného silikonu.

Po osazení všech segmentů byly segmenty spojeny pomocí krátkých vodičů. Pro zpevnění byla pro digit navrhnuta a vytisknuta na 3D tiskárně kostra, do které lze jednoduše celé digity zasadit. Proti vypadnutí jsou DPS chráněny západkami, které jsou navrženy tak, aby šel plošný spoj dobře přidělat bez použití nástroje, ale aby samovolně nedošlo k jeho vypadnutí či uvolnění.

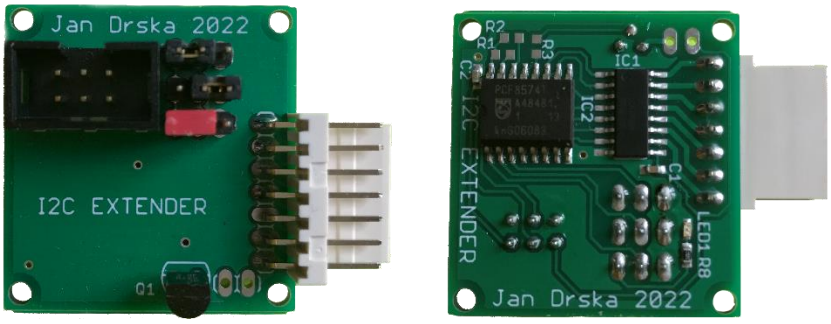


Obrázek 4-23 Vytištěná kostra včetně vsazených plošných spojů.

Na obrázku 4-24 se nachází zkompletovaná kostra se vsazeným digitem. V tomto stádiu je kostra připravena na napájení ovládacích vodičů, které jsou zakončeny konektorem. Tento konektor slouží pro připojení digitu na ovládací modul, který je pospán v kapitole 4.4.5.

4.4.5 Návrh a výroba ovládacího modulu pro digit

Jak již bylo popsáno v kapitole 4.4.2, displej je řízen za pomocí čipu PCF 8574, který slouží jako rozšíření vstupů nebo výstupů za pomocí I^2C sběrnice [16]. Díky tomuto čipu je možno dálkově spínat až 8 vstupů. Proudová zatížitelnost je však velmi malá, a proto byly pro spínaní větších proudů výstupy osazeny součástkou ULN2003, která rozšíří proudovou zatížitelnost až na 0,5 A na výstup [17]. Navržené schéma se nachází v příloze A.1. Takto navržené DPS byly vyrobeny profesionální cestou a následně ručně osazeny součástkami.



Obrázek 4-24 I^2C EXTENDER – modul pro ovládání jednoho digitu.

Osazené moduly bylo třeba oživit. Oživení proběhlo za pomocí speciálně napsaného kódu pro vyhledávání zařízení na I^2C sběrnici, kde byla použita deska Arduino UNO. Každý modul byl nastaven pomocí propojky na unikátní adresu. Získané adresy byly zapsány pro další použití v kódu pro ústřednu. Na obrázku 4-25 jsou patrné neosazené součástky R1 a R2, což jsou pull-up rezistory pro I^2C sběrnici. Tyto rezistory jsou osazeny pouze na jednom modulu, na dalších jich není potřeba. Deska je ale vyrobena univerzálně, tak aby ji bylo možné použít i mimo tuto aplikaci.

4.4.6 Výroba šasi pro uložení displeje

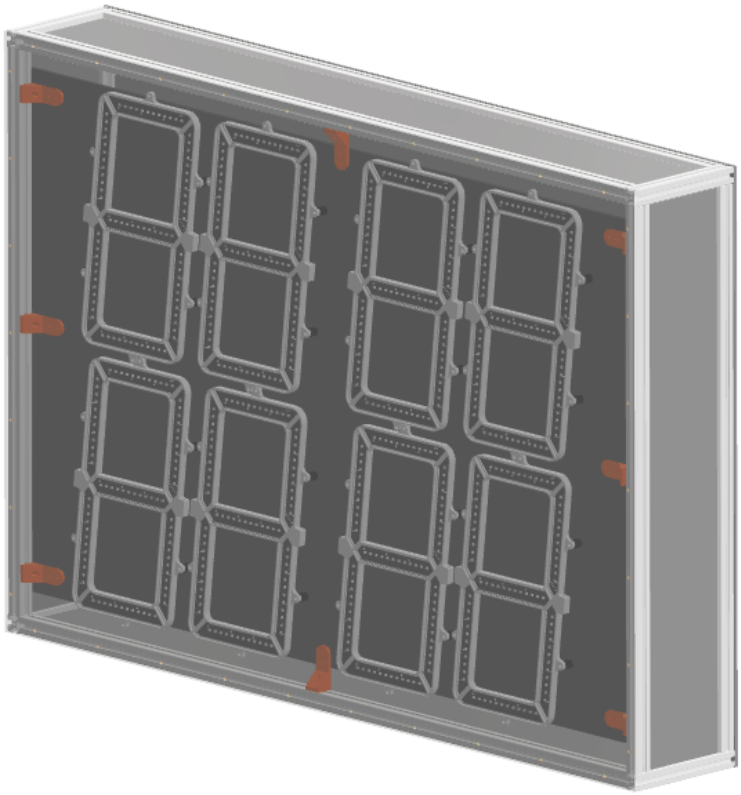
Šasi musí být navrženo tak, aby odolalo vnějším vlivům. Konstrukce musí zajistit ochranu proti vniknutí cizích předmětů do vnitřní části. Uvnitř této konstrukce se nachází napájecí spínaný zdroj 12 V, který je napájen 230 V pomocí přívodní vidlice, napevno spojenou s konstrukcí. Toto napětí je již životu nebezpečné, a tak musí být krytování provedeno tak, aby nemohlo dojít k úrazu elektrickým proudem. Vzhledem k hliníkové konstrukci bude z důvodu ochrany obsluhy rám spojen s PEN svorkou zdroje.

Hlavním konstrukčním prvkem byl zvolen hliníkový profil značky Item o průřezu 20 × 20 mm. Tento materiál byl vybrán z důvodu jeho snadné zpracovatelnosti a jednoduchosti v případě modifikací. Spojování je prováděno za pomocí kamenů a šroubů, které zajistí pevné spoje bez potřeby vrtání děr a řezání závitů. Boční výplní

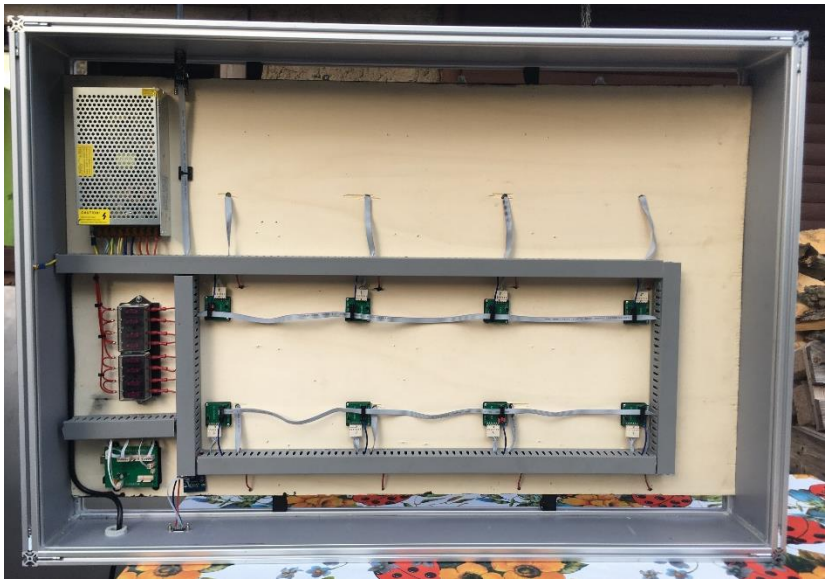
bude plastová deska gutta, která je snadno opracovatelná a zároveň odolná teplotě, UV záření a je netříštivá. Utěsnění je provedeno za pomocí gumového těsnění a silikonu.

Navržený displej obsahuje 8 digitů vsazených do 3D tištěných koster. Tyto moduly jsou připevněny na nosnou desku, kde se z druhé strany nachází spínací moduly na I^2C sběrnici, modul ústředny, zdroj a pojistkový držák na 8 auto pojistek. Tyto pojistky slouží k jištění všech 8 digitů proti zkratu.

Přední panel je vyhotoven z plexiskla, které bude dle požadavků polepeno samolepící folií, jejíž pořízení a nalepení zajistí samotné SDH Jizbice. Samolepící fólie bude neprůhledná a bude mít otvory pouze v místech segmentů displeje. Zadní panel je zhotoven z plechu, který je spolu s předním plexisklem odnímatelný pro potřeby údržby či servisu. Mezi předním plexisklem a digity se nachází vrstva pauzovacího papíru, který zde funguje jako difuzor pro účinné rozptýlení světla do tvaru tištěné kostry. Takto vytvořený displej bude umístěn na masivní podstavec do výšky, tak aby byl dobře čitelným i na větší vzdálenost.



Obrázek 4-25 Finální podoba displeje bez polepy čelního plexiskla.



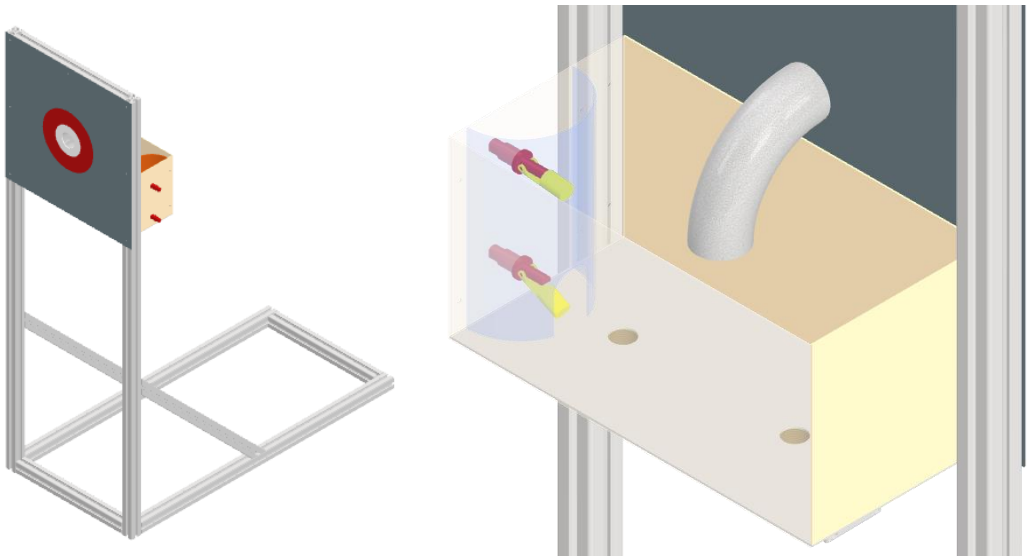
Obrázek 4-26 Pohled na vnitřek zobrazovací jednotky.

Obrázek 4-27 Čelní pohled na zobrazovač s již připevněným difuzorem.

Difuzor je tvořen pauzovacím papírem, který je přilepen na 3D vytištěné kostry. Dle dříve provedených testů vyšel nejlépe právě pauzovací papír, kde bude nadále již během provozu sledováno, jak se takto provedený difuzor bude chovat.

4.5 Nádržka

Součástí terče je nádržka, která byla navržena tak, aby do ní bylo možno umístit snímače hladiny a vypouštěcí ventily. Vzhledem k tomu, že terče lze použít i bez elektroniky, nádržka je opatřena i manuálním vypouštěcím ventilem. Celá nádržka je zhotovena z plechů, které jsou k sobě svařeny a vytváří tak nerozebíratelný svařenec. Tento svařenec je přidělán do profilů terče za pomocí kamenů a šroubů. Pro zlepšení podmínek měření (stabilnější hladina) je využito principu viz obrázky 4-11 a 4-27.



Obrázek 4-28 Konstrukce terče a nádobky včetně plovákových snímačů hladiny.

Na obrázku 4-27 je detailní pohled na nádržku, kde je oranžovou barvou vidět naznačená PVC trubka (modrý půlkruh), která nám slouží k uklidnění hladiny v měřeném bodě. Dále jsou zde patrné dva plovákové snímače, z niž jeden detekuje plný stav a druhý prázdný stav terče. Dva otvory ve spodní části nádrže jsou pro umístění vypouštěcích ventilů, kde jeden ventil je manuální a druhý motorizovaný. Na obrázku není zobrazeno světelné signalizační zařízení, které slouží pro soutěžící jako zpětná vazba o naplnění terče do požadované úrovně – ukončení útoku. Toto zařízení je vytvořeno z mlhového světla, určeného na přívěsný vozík.

Obrázek 4-29 Pohled na sestavenou nádržku bez nainstalovaných plovákových snímačů.

4.6 Programové vybavení

Celé zařízení je stavěné na platformě Arduino z důvodu dostačujícího výkonu a vysoké dostupnosti na trhu oproti jiným zařízením podobného typu. Ve všech modulech se nachází kód, který je přiložen jako soubory .cpp a .h v příloze k tomuto dokumentu. Veškeré programy jsou psané v jazyce C a C++, kde je využíváno standardních knihoven dostupných k volnému využívání.

Jako programovací prostředí bylo zprvu zvoleno Arduino IDE, které bylo nahrazeno za daleko uživatelsky přívětivější Visual Studio Code, které již nabízí například našeptávání a doplňování kódu. Pro správné verzování kódu byl na portále GitHub vytvořen soukromý repozitář, do kterého byly ukládány všechny verze odzkoušeného kódu a průběžná dokumentace. Repozitář s kompletní dokumentací k projektu bude možné nalézt pod jménem FIRESPORT-WATCH. Po zakončení bakalářské práce bude repozitář odemčen a přístup bude umožněn všem zájemcům pro další vývoj.

5. TEST ZAŘÍZENÍ PŘI REÁLNÉM NASAZENÍ

Před uvedením nového systému do praktického využívání bylo nutné provést několik testů, které prokážou, že systém splňuje všechny požadavky, které byly obdrženy od SDH Jizbice. Vzhledem k tomu, že se jedná o zařízení, které bude vystaveno náročným podmínkám, bylo zařízení navrženo tak, aby těmto vnějším vlivům odolalo. Nejdůležitější je voděodolnost a nárazu vzdornost.

5.1 Test voděodolnosti zařízení

Tento test je zaměřen na zjištění účinků působení vody. Testovací podmínky jsou sestaveny tak, že se jedná o extrém, na který by v reálném použití nemělo dojít. V reálném provozu by mělo maximálně dojít k dopadání větších kapek, odpovídajících kapkám deště, nebo dopadání aerosolu. V našem případě budou všechny prvky vystaveny proudu vody, kde jako zdroj tlaku vody bude sloužit ruční džberová stříkačka s jedním proudem typu D opatřeným odpovídající proudnicí. Všechny části systému budou vystaveny přímému působení tlaku vody po dobu 2 minut a bude zkoušeno, zdali někde v systému nedojde k vniknutí vody.

Instalační krabice, které byly použity k instalaci elektroniky, mají výrobcem udávaný stupeň krytí IP56, což odpovídá ochraně proti intenzivně tryskající vodě. Při instalaci průchodek a konektorů bylo postupováno tak, aby vše bylo správně dotaženo a případně zatěsněno. V našem případě se při testu s ruční stříkačkou neprojevila žádná netěsnost a uvnitř po ukončení testu bylo vše v pořádku. Tyto instalační krabice jsou v praxi velmi využívané, jsou odolné i hrubšímu zacházení, takže splňují naše požadavky na provoz v nehostinném prostředí.

Test voděodolnosti velkoformátového displeje se od testu instalačních krabic mírně lišil. Na rozdíl od průmyslově vyráběných instalačních krabic byl ochranný kryt displeje vyráběn svépomocí. O tomto krytování není možno říci, že disponuje stupněm krytí IP55, protože toto označení lze získat pouze od zkušebního ústavu. Pomocí zkoušky lze však jednoduše voděodolnost ověřit. Kryt je konstruován z hliníkových profilů a boky jsou vyplněné PVC deskou. Mezi desku a hliníkový profil byla nalepena guma, která se standartně používá v průmyslu na zatěsnění desek. Z obou stran byly spoje mezi PVC deskami a hliníkovými profily zatěsněny silikonem, který zajistí voděodolnost. Čelní panel, který je nejvíce vystaven případnému kontaktu s vodou je proveden z plexiskla o tloušťce 4 mm, které přesahuje samotnou konstrukci a je pevně pomocí šroubů spojeno s rámem. Pro zvýšení odolnosti je použito gumové těsnění, které zamezí vniknutí vody. Při běžném průběhu soutěže nebude zobrazovač vystaven působení vody, ale přesto je nutné, aby případnému zásahu vodou odolal. Displej nebyl zkoušen přímo za pomocí vody, jako instalační krabice, ale bylo provedeno vše tak, aby došlo k minimalizaci šance na vniknutí vody do konstrukce displeje.

Obrázek 5-1 Princip zatěsnění za pomocí červené těsnící gumy.

Těsnící guma byla zatlačena do mezery mezi PVC desku a hliníkový profil. Pro zajištění voděodolnosti bylo takto provedené zatěsnění doplněno o vrstvu transparentního silikonu.

Obrázek 5-2 Ukázka zatěsnění prostoru mezi čelním plexisklem a nosnou konstrukcí.

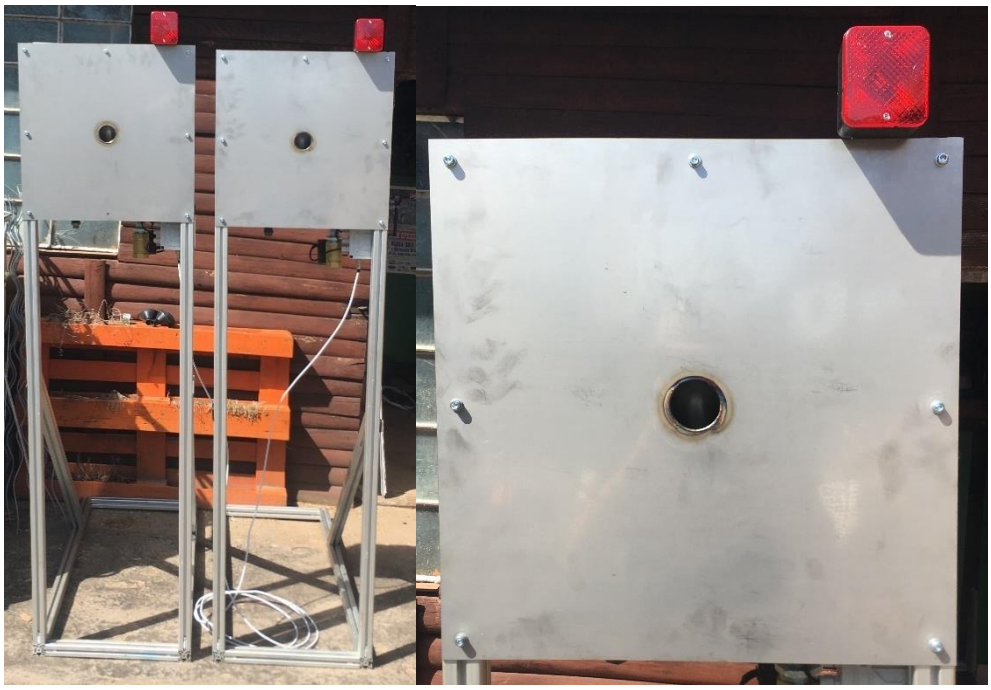
Zadní panel je tvořen plechem o tloušťce 1 mm, který je připevněn a zatěsněn stejně jako přední plexisklo za pomocí gumového těsnění.

Pro zatěsnění se nabízela i jiná možnost za použití silikonu, kde by byl přední a zadní panel přilepen na samotnou konstrukci. Toto řešení by však značně ztížilo případný servis, kde by bylo nutno v případě potřeby odřezávat tyto panely. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o rozebíratelném provedení krytování.

5.2 Funkční test celé sestavy

Při tomto testu se jedná o vyzkoušení funkčnosti všech dílčích prvků i jejich vzájemnému souběhu. Nejprve se jedná o samostatné testy dílčích systémů, kde je odzkoušená základní funkce a ověřena funkčnost dle zadání. V posledním kroku se jedná o test celé sestavy, kde dojde k připojení všech prvků do systému a testuje se komunikace modulů a obsluha časomíry.

V první řadě byl proveden test jednotky terčů. Tato jednotka byla připojena na 12V autobaterii, která byla schována do plastového boxu, tak aby na ni nedopadala voda. Po připojení napájení elektronika terčů provedla inicializaci, při které došlo k vizuálnímu otestování periferií. Rozsvítily se světla, otevřely se ventily a následně se zavřely. Jednotka v tuto chvíli čekala na povel ústředny. Po tom, co ústředna potvrdila příjem zprávy o inicializaci byla naplněna nádrž do stavu, kdy plovákový snímač zaznamenal hladinu a došlo k rozsvícení signalizace. Na druhém terči byl proveden stejný krok. Po tom, co terče odeslaly informaci o naplnění došlo k automatickému vypuštění obou nádrží. Tímto byla odzkoušena správná funkce řídicí elektroniky pro terče.



Obrázek 5-3 Sestavený terč před testem elektroniky.

Na obrázku 5-3 je patrné provedení světelné signalizace, kde bylo použito zadního mlhového světla pro přívěsný vozík za osobní automobil. Toto světelné zařízení je provedeno, tak aby odolalo vnějším nežádoucím vlivům a vzhledem k primárnímu venkovnímu užití je světlo odolné vůči působení vody.

V druhé řadě byl otestován ovládací panel s ústřednou a jejich vzájemná komunikace, kde bylo odzkoušeno ovládání systému a správná funkce všech periferií včetně startovacího senzoru. Při testu se vyskytlo pár chyb, které byly pár úpravami v kódu odstraněny, a nakonec byl otestován celý systém dohromady. Test byl proveden za zmenšeném prostoru z důvodu absence dalších členů, potřebných pro plnohodnotný útok. Avšak tento test plně vyzkoušel hlavní části celého systému. Byla otestována bezdrátová komunikace i komunikace přes RS232, dále byla otestována všechna čidla na terčích a startovací čidlo, připojené na ovládací panel. Po provedení těchto testů bylo přistoupeno k testu celé sestavy. Elektronika pro terče byla připojena na 12 V baterii, a zbytek systému byl napájen z vlastního zdroje 12 V, vestavěného uvnitř konstrukce pro zobrazovací jednotku. Po zapnutí napájení došlo k první komunikaci mezi všemi jednotkami a došlo k inicializaci celého systému. Pomocí ovládacího panelu byl povolen start a následně po protnutí paprsku reflexního čidla došlo k odstartování času. Na displeji se začal počítat čas, a jeho počítání bylo zastaveno až po aktivaci čidla naplnění jednoho z tečů. Po aktivaci druhého čidla se zastavil i druhý čas a v tu chvíli došlo k automatickému vyprázdnění terčů za pomocí elektrických kulových ventilů. Během testu se vyskytlo pár chyb, které byly na straně SW, kde bylo potřeba doladit některé podmínky a nastavení jednotlivých modulů. Celá sestava byla úspěšně otestována na její základní funkce.

Obrázek 5-4 Test celé sestavy – stav při naplnění obou terčů.

Na obrázku 5-4 je na displeji viditelná ochranná fólie plexiskla, díky které se obraz může zdát lehce rozmazaný, po odstranění této ochranné fólie je obraz ostrý. SDH Jizbice má v plánu plexisklo polepit samolepící fólií, která zajistí, že dovnitř nebude vidět a z celého vnitřku displeje budou viditelné pouze samotné digity.

Obrázek 5-5 Zkouška zobrazovače bez ochranné folie. (obrázek pořízen za šera).

ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem měl za úkol provést návrh a realizovat systém pro jednotku SDH Jizbice. Jednotka byla navržena tak, aby přesně splňovala požadavky sboru, a aby bylo možné tento systém rozšířit o další funkcionality. Před samotným návrhem byla provedena rešerše komerčně dostupných časomír, aby bylo možno zjistit, co na trhu není k dispozici a realizovat zcela nový systém, který do problematiky požárního sportu vnesl nové možnosti.

Existuje celá řada různých řešení, která jsou založena na různých platformách. Pro moji práci jsem vybral pouze ty komerční. Všem časomírám však chyběla jedna možnost, kterou SDH Jizbice vzhledem k málo početnému sboru požadovala. Touto možností je funkce automatického vypouštění terčů, které na trhu není. Na tuto činnost je potřeba alespoň jedna osoba, která celý den chodí po rozmáčené louce a stará se o jejich vypouštění a natahování signalizačního mechanismu. Dalším požadavkem byl velkoformátový displej pro zobrazení časů. Komerčně dostupné časomíry jej většinou mají také, ale nejsou tak veliké a často jsou určené pouze pro požární sport a nedají se použít pro jiné funkce.

V této práci je proveden zcela nový návrh tohoto systému včetně funkcí, které požadovala jednotka SDH z Jizbice. Časomíra se stává ze 3 elementárních částí, jimiž jsou ovládací panel, displej a bezdrátově komunikující jednotka pro řízení terčů. Tento systém má však jednu výhodu, kterou nemá žádná z komerčně dostupných. Je zde příprava na další možnosti využití displeje jako je například zobrazování skóre pro týmové hry, zobrazení času, teploty, vlhkosti a další. Součástí bakalářské práce je výhradně program pro stopky, ale systém bude nadále rozšiřován a jak je již výše v úvodu zmíněno, po obhájení práce bude veškerá dokumentace uvolněna volně k využití na webu GitHub, kde se bude nacházet repozitář s podklady pro výrobu, kam bude dále nahráván novější obsah.

Jednotka pro terče je konstruována tak, aby bylo možno ji provozovat bez nutnosti připojení do elektrické sítě. Jednotku je možno napájet z autobaterie ale i z adaptéru. Do budoucna je počítáno s rozšířením o solární panel, který umožní průběžné dobíjení akumulátoru.

Celý systém tak do problematiky časomír pro požární sport přináší zcela nové funkce, kterými posouvá organizaci těchto závodů dopředu. Díky elektronickému měření času nedochází k chybám časoměřičů, a měření je tím přesnější a spravedlivější. S přesností měření se pojí i zobrazovaný čas. Dle požadavků SDH Jizbice byl displej zkonstruován tak, aby na něm bylo možno zobrazit časy od jednotek sekund, až po jednu hodinu. Díky použití mikroprocesorové techniky je však možné systém velmi jednoduše přeprogramovat, tak, aby zobrazoval i desetiny, nebo setiny sekundy. Pro takovou modifikaci stačí pouze lehce upravit firmware. Ovládání systému je ve finální

podobě vázáno pouze na jednu osobu rozhodčího, který prostřednictvím ovládacího panelu řídí a sleduje celou soutěž.

Během výroby a vývoje celého systému došlo k řadě změn a bylo zjištěno mnoho podnětů pro zlepšení jak výroby, tak i samotné koncepce celého systému. Sytém bude dále rozvíjen. Díky otevření projektu pro veřejnost bude možnost, aby se na vývoji systému podíleli i další, kteří chtějí přinést do této problematiky své zkušenosti a znalosti. Systém je navržen tak, aby jej bylo možno jednoduše modifikovat za pomocí snadno dostupných komponent či programového vybavení.

Tabulka 2 Přehled hlavních parametrů celého systému.

Jednotka	Ovládací panel	Ústředna	Jednotka pro terče
Napájecí napětí	12 V DC z ústředny	230 V AC 50 Hz	12 V DC
Maximální proud	0,4 A	10 A	2 A
Rozměry d × š × v [mm]	190 × 140 × 70	995 × 690 × 160	100 × 100 × 50
Komunikace	RS232	RS232 + 2,4 GHz	2,4 GHz
Materiál krytu	plast	hliníkové profily PVC desky plexisklo a plech	plast
Krytí	IP56	Odpovídající IP55	IP56

LITERATURA

[1] *Pravidla požárního sportu* [online]. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjv4Nmuj5b0AhXN0qQKHVgmCdsQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.hzscr.cz%2Fsoubor%2Fpravidla-pozarniho-sportu-pdf.aspx&usg=AOvVaw2qQTgZb0iTgEBEnSn5qFhb

[2] Technický výcvik družstva 1+5 1-19/DR5 [online]. Dostupné z: www.http://metodika.cahd.cz/#cvicebni%20rad

[3] Terč nástřikový se světelnou signalizací 10 l | SDH plus, vše pro hasiče. *Vítejte | SDH plus, vše pro hasiče* [online]. Copyright © 1997 [cit. 13.11.2021]. Dostupné z: https://www.sdhplus.cz/review/product/list/id/2731/

[4] DesignSpark Electrical Logo. *RS Components International* [online]. Dostupné z: https://www.rs-online.com/designspark/seven-uses-for-photoelectric-sensors

[5] Startovací pistole – model II | TRV elektronik – výroba sportovních časomír. [online]. Copyright © 2019 Tomáš Kocáb. Veškerá práva vyhrazena. [cit. 13.11.2021]. Dostupné z: https://www.trv-kocab.cz/cs/casomiry/startovaci-pistole-model-ii

[6] Časomíry pro požární sport | TRV elektronik. [online]. Copyright © 2019 Tomáš Kocáb. Veškerá práva vyhrazena. [cit. 14.11.2021]. Dostupné z: https://www.trv-kocab.cz/cs/casomiry/casomira-pozarni-sport

[7] Časomíra pro požární sport – Model: S-150 | TRV elektronik – výroba sportovních časomír. [online]. Copyright © 2019 Tomáš Kocáb. Veškerá práva vyhrazena. [cit. 14.11.2021]. Dostupné z: https://www.trv-kocab.cz/cs/casomiry/casomira-pro-pozarni-sport-model-s-150

[8] Displej z LED pásků [online]. Dostupné z: http://www.instructables.com/Build-a-huge-7-segments-8-digits-red-LED-display/

[9] Časomíra pro požární sport – sada DUAL 260 | TRV elektronik – výroba sportovních časomír. [online]. Copyright © 2019 Tomáš Kocáb. Veškerá práva vyhrazena. [cit. 14.11.2021]. Dostupné z: https://www.trv-kocab.cz/cs/casomiry/casomira-pozarni-sport/casomira-pro-pozarni-sport-sada-dual-260

[10] Časomíra MARKYTRONIC [online]. Copyright © [cit. 14.11.2021]. Dostupné z: http://www.markytronic.cz/images/Fotogalerie_NEW/ALLinONE%20Horni%20Redice.jpg

[11] *Elektronická časomíra pro požární sport* [online]. Dostupné z: https://www.fstimer.cz/wiki/lib/exe/detail.php?id=montaz_a_upravy_krabicky_pro_casomiru_-_treninkova_casomira&media=fstimer.cz-hw-1.0-2.0.jpg

[12] Digitální stopky: Půhy.cz. *Půhy.cz - obchod s technikou a elektronikou* [online]. Copyright © [cit. 14.11.2021]. Dostupné z: https://www.puhy.cz/digitalni-stopky-3776.html

[13] Arduino UNO rev3 [online]. Copyright © [cit. 14.11.2021]. Dostupné z: https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/

[14] *IndiaMART - Indian Manufacturers Suppliers Exporters Directory, India Exporter Manufacturer* [online]. Copyright © [cit. 01.01.2022]. Dostupné z: https://www.indiamart.com/proddetail/nrf24l01-module-with-antenna-22364689062.html

[15] *GM electronic Datascheet BDP 949 | elektronické součástky, komponenty . | GM electronic, spol. s.r.o.* [online]. Copyright ©y [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.912-069.1.pdf

[16] *TME Datasheet PCF8574* [online]. Copyright © [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: https://www.tme.eu/Document/b1b94e52ecdd3523c7eff98ffce0a06f/PCF8574AT.pdf

[17] *TME* Datasheet ULN2003[online]. Copyright ©pUp [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: https://www.tme.eu/Document/364715d533b2d9af85f034003235473c/ULN2003ADR2G.PDF

[18] *TME Datasheet LM78M05* [online]. Copyright © [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: https://www.tme.eu/Document/4c19afbd0cbf5bc0f90e84076ef5e976/78Mxx.pdf

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

SDH	Sbor Dobrovolných Hasičů
JPO	Jednotka Požární Ochrany
IZS	Integrovaný Záchranný Systém
PHM	Pohonné Hmoty
DM	Desítky Minut
M	Minuty
DS	Desítky Sekund
S	Sekundy
MS	Milisekundy
HMI	Human Machine Interface – rozhraní stroj – člověk
PC	Personal Computer – osobní počítač
LED	Light Emitting Diode
LCD	Liquid Crystal Display
CNC	Computer Numerical Control
DPS	Deska Plošného Spoje
SPI	Seriál Peripheral Interface
I^2C	Inter-Integrated Circuit
SW	Software
FW	Firmware

Symboly:

U	napětí	(V)
I	proud	(A)
R	elektrický odpor	(Ω)
P	výkon	(W)

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - ELEKTRICKÁ SCHÉMATA A PLOŠNÉ SPOJE 67

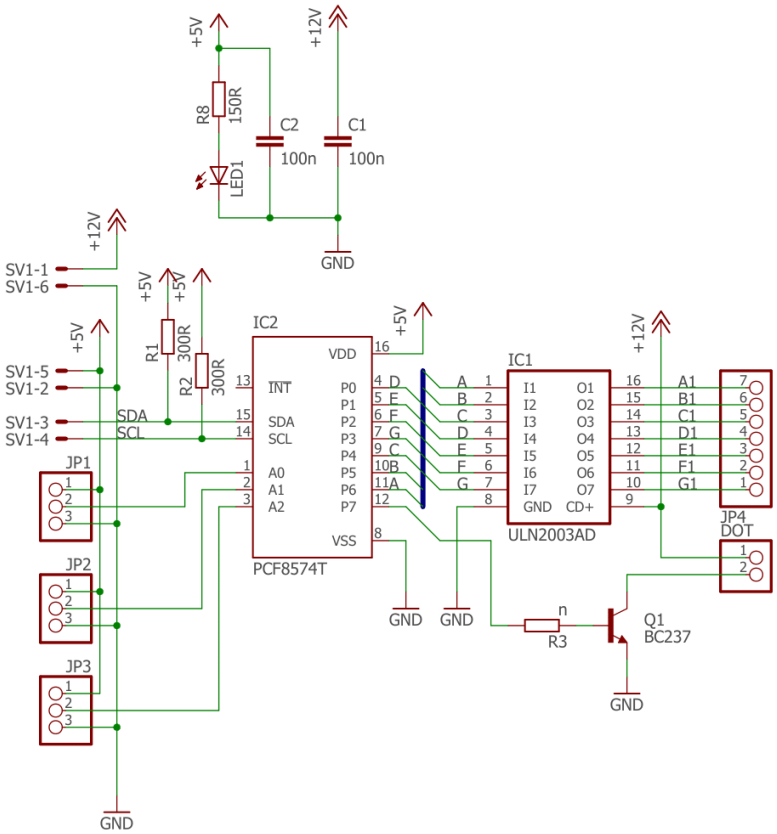
PŘÍLOHA B - VÝVOJOVÉ DIAGRAMY ZDROJOVÝCH KÓDŮ 75

PŘÍLOHA C - BLOKOVÁ SCHÉMATA ZAPOJENÍ MODULŮ 78

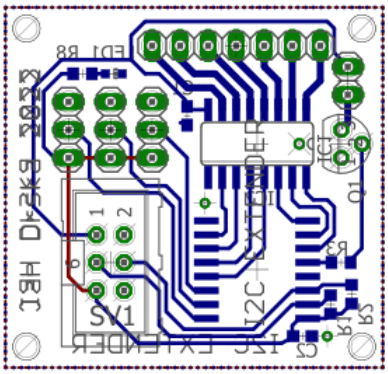
PŘÍLOHA D - SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH 80

Příloha A - elektrická schémata a plošné spoje

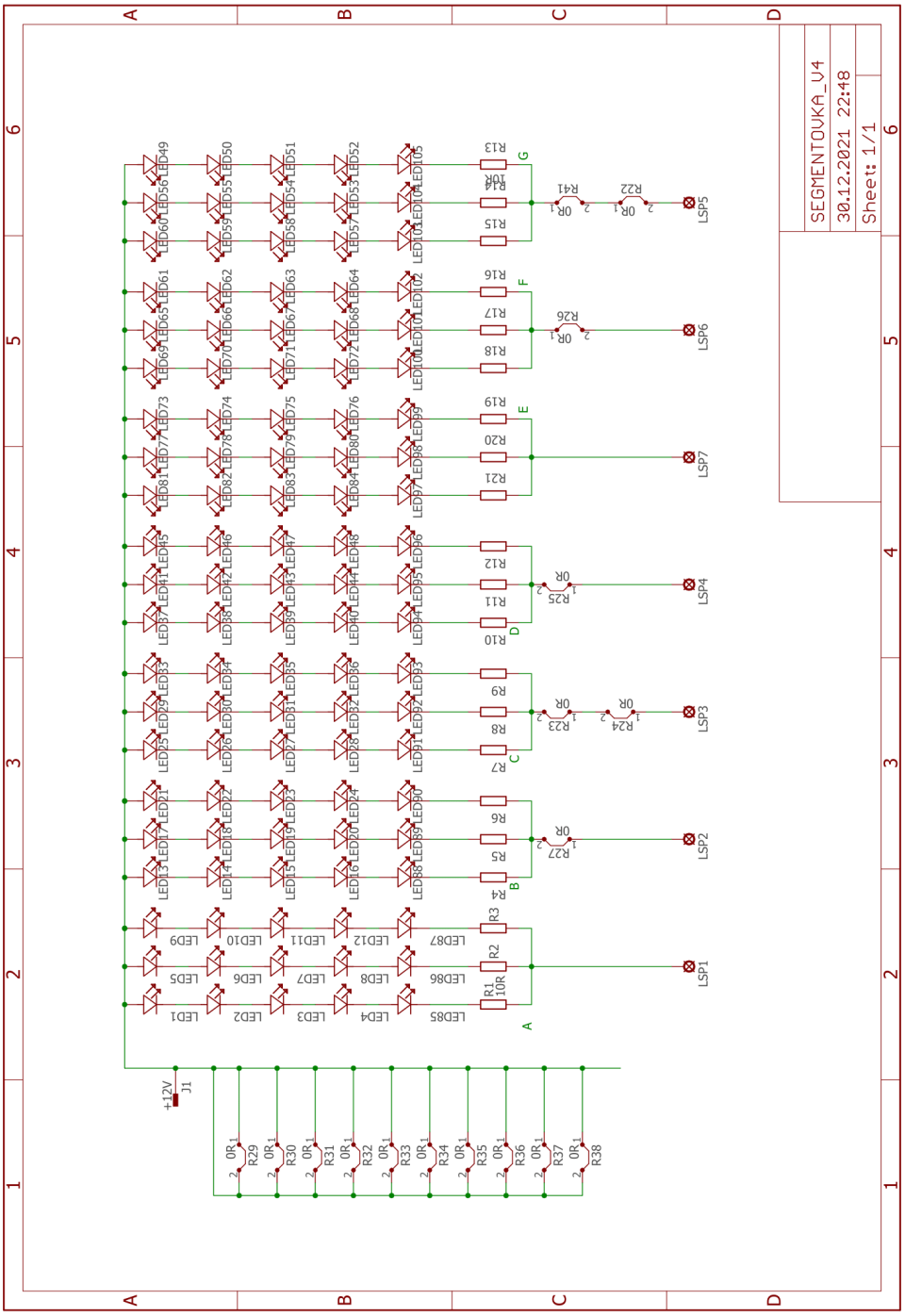
A.1 Schéma I²C modulu výstupů



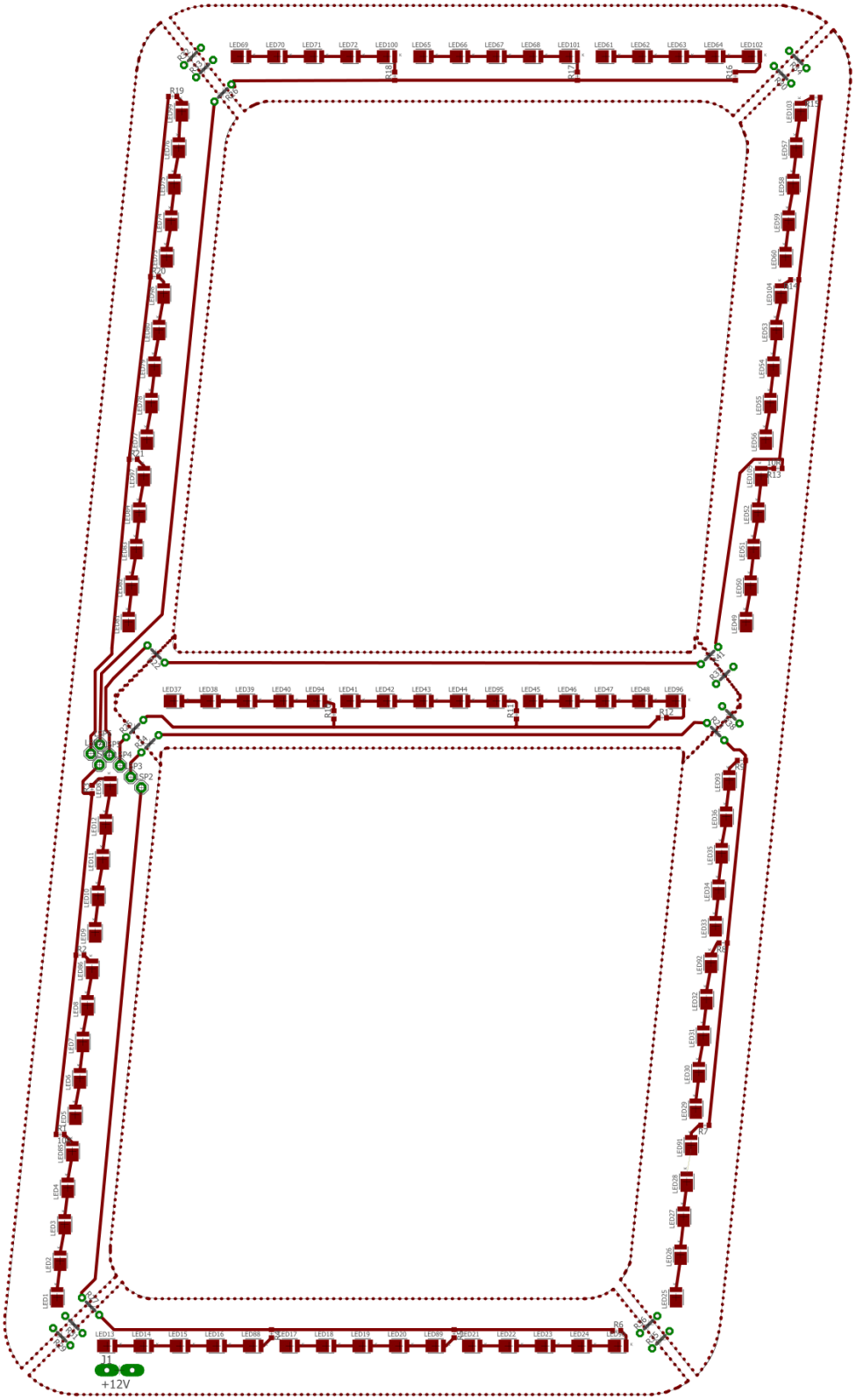
A.2 Návrh desky I²C modulu výstupů



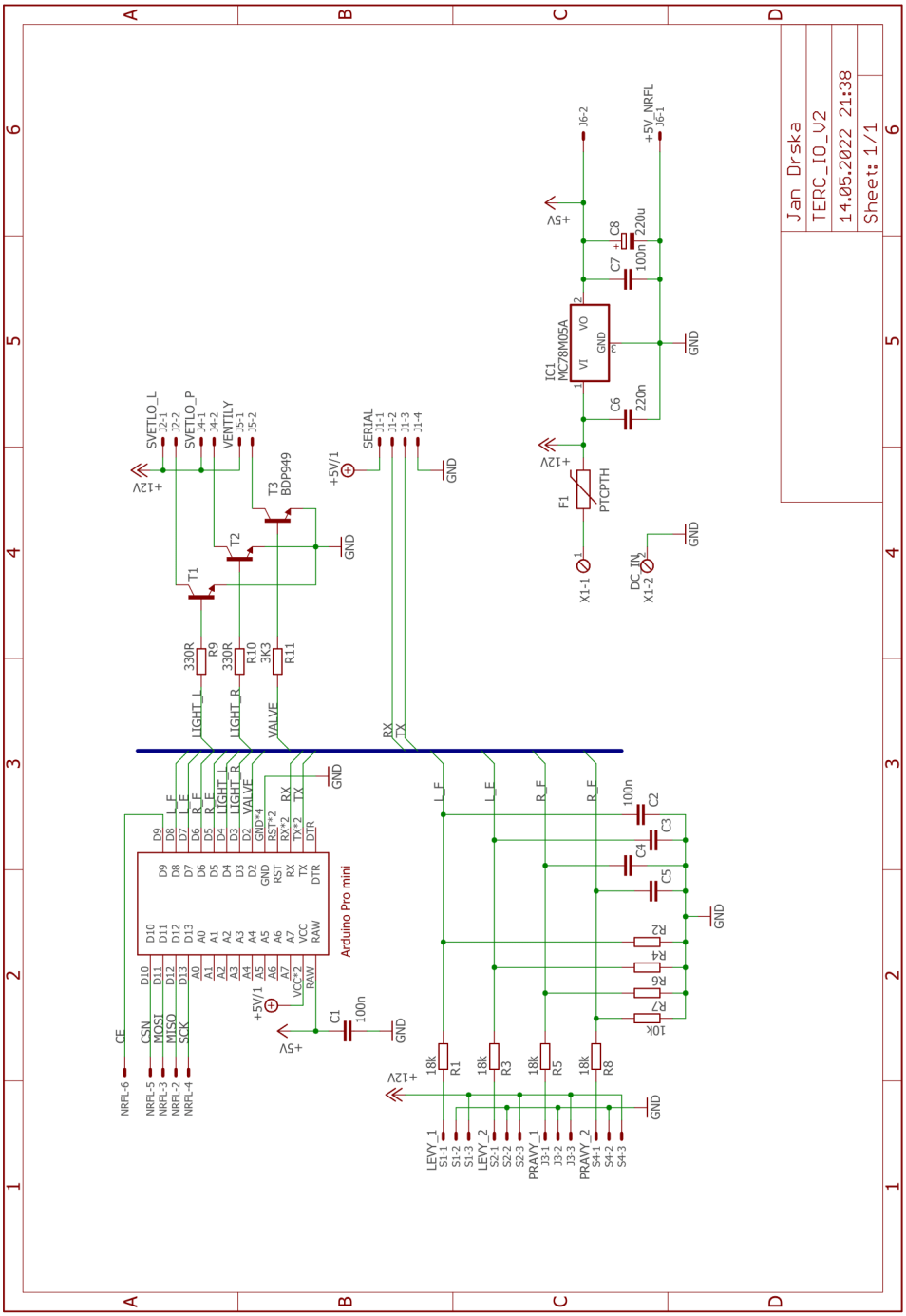
A.3 Schéma 7 segmentového zobrazovače



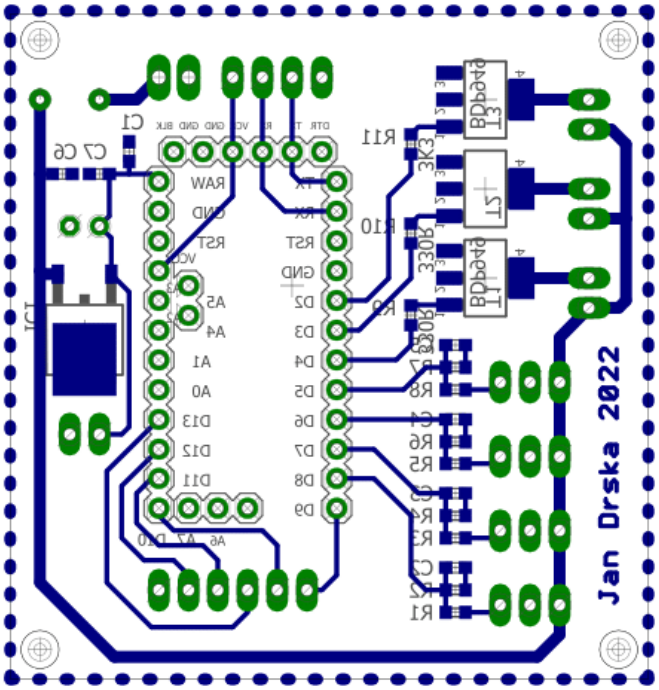
A.4 Návrh desky 7 segmentového zobrazovače



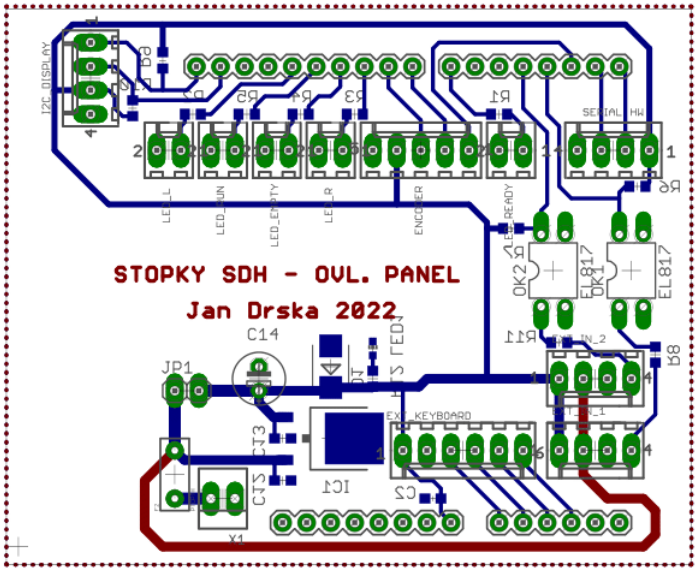
A.5 Schéma desky pro řídicí jednotku terčů



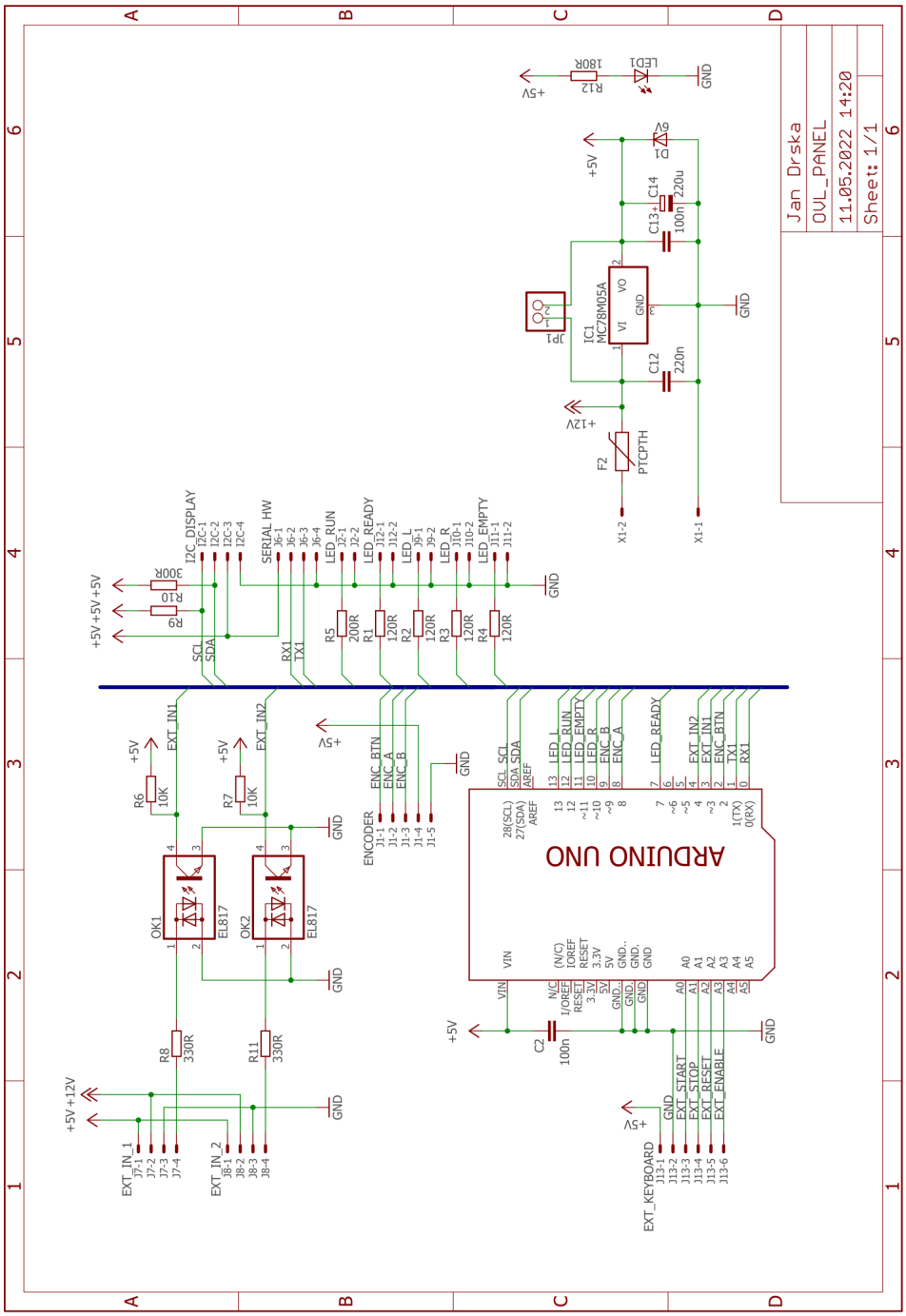
A.6 Návrh desky pro ovládání terčů



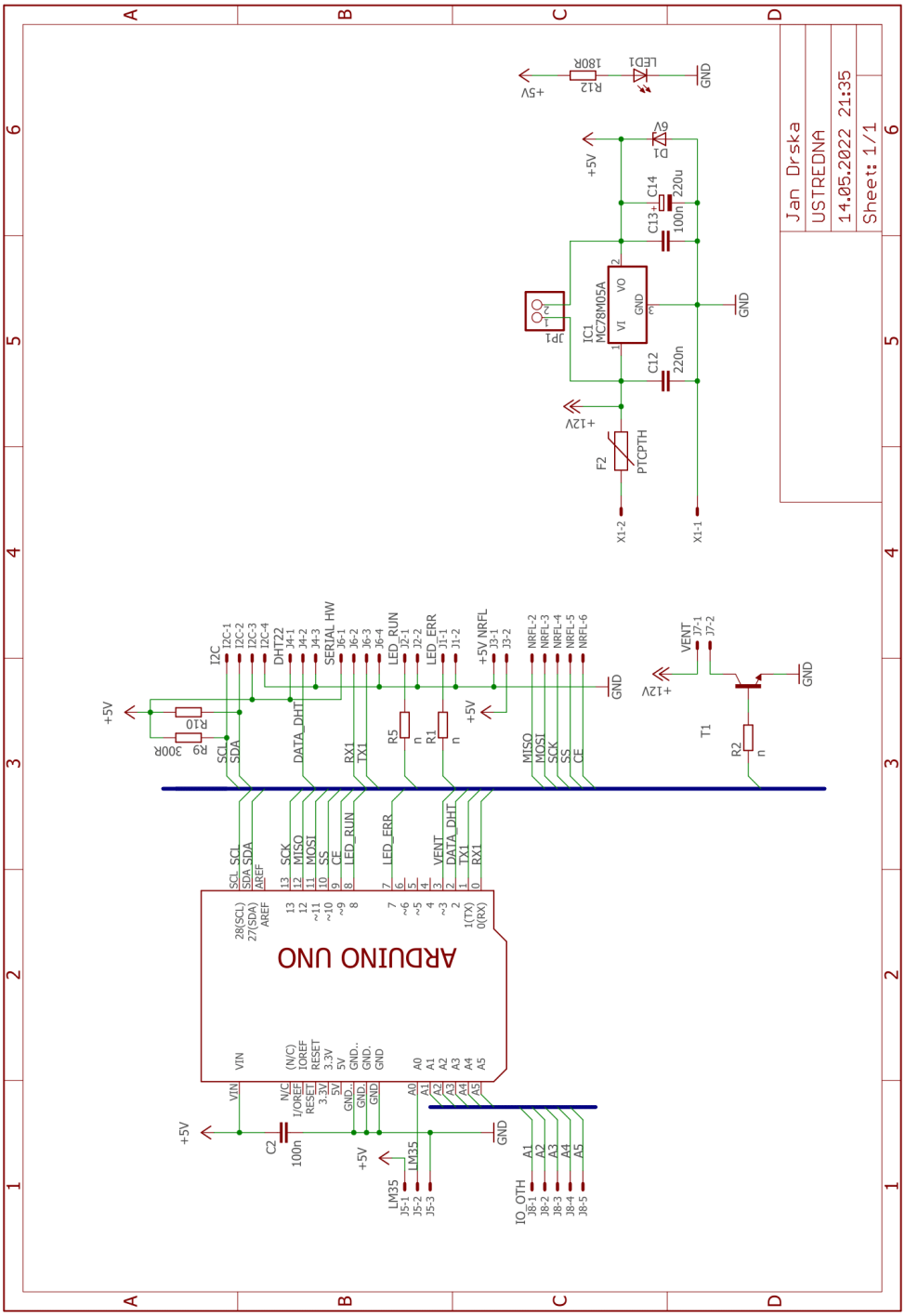
A.7 Návrh desky ovládacího panelu



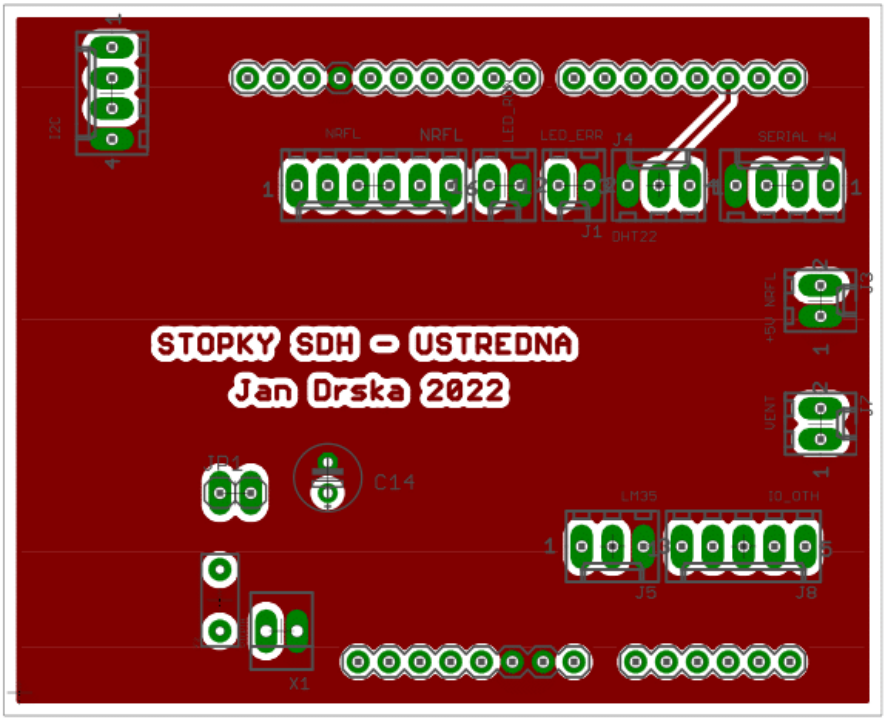
A.8 Schéma desky ovládacího panelu

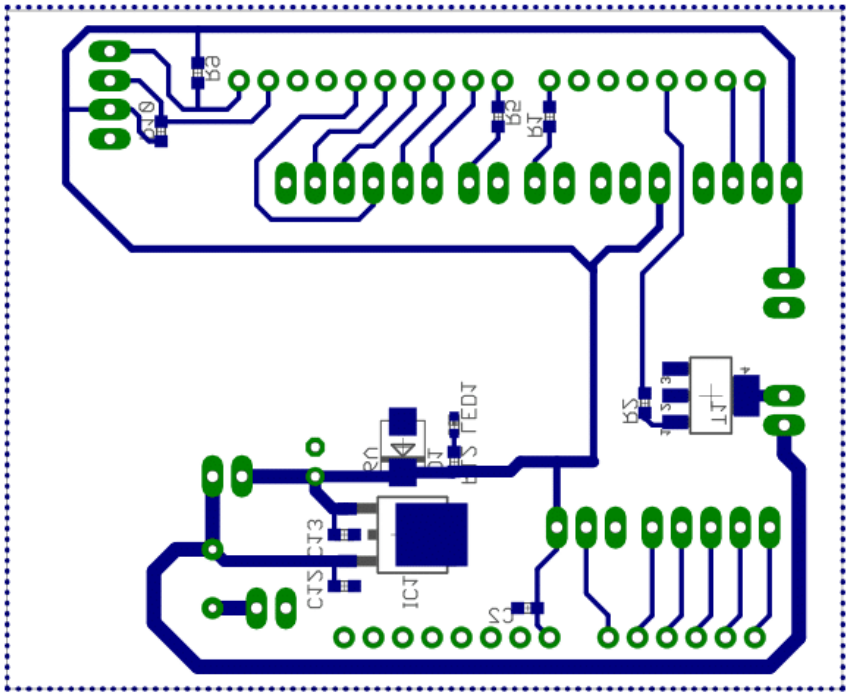


A.9 Schéma desky pro ústřednu



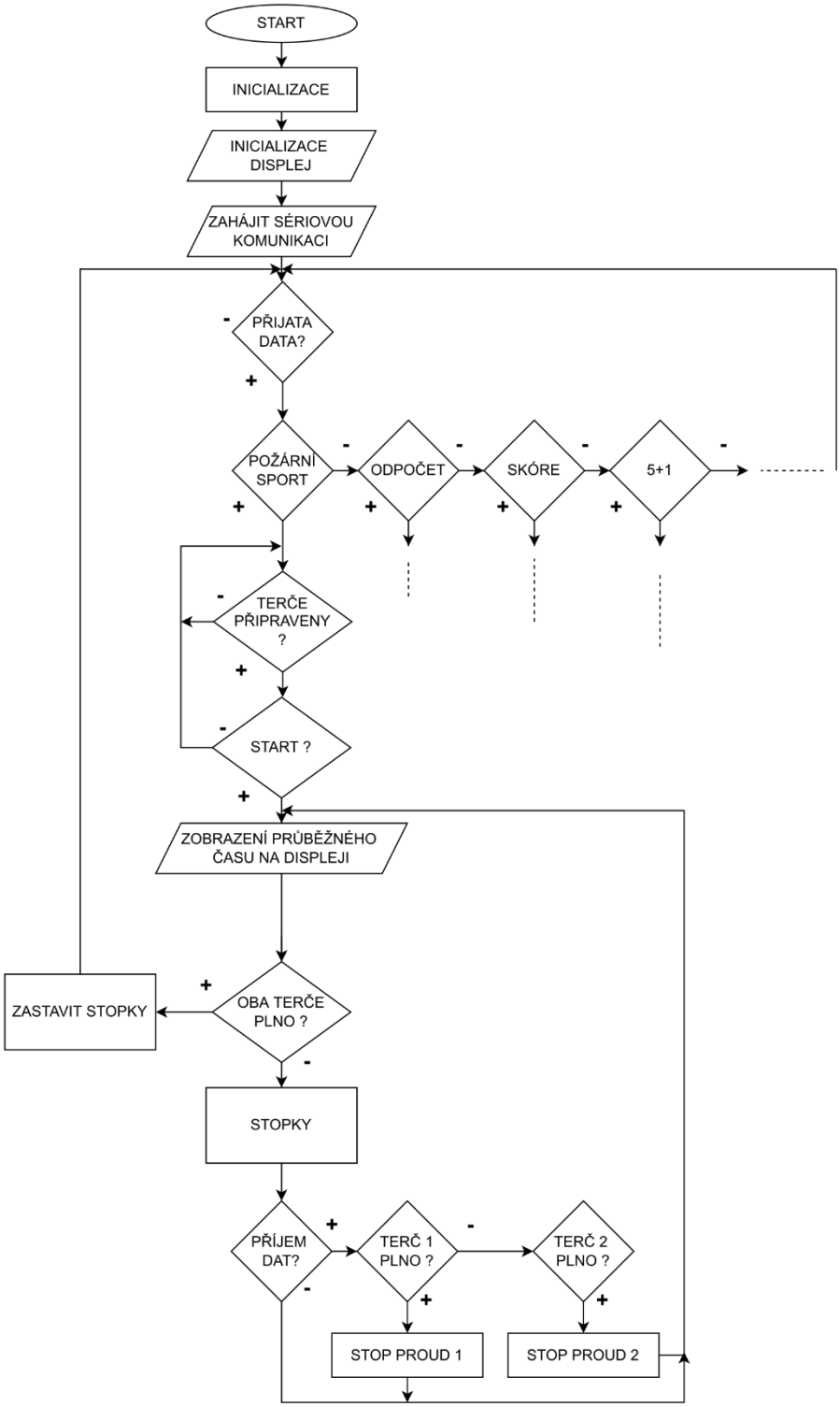
A.10 Návrh desky pro ústřednu



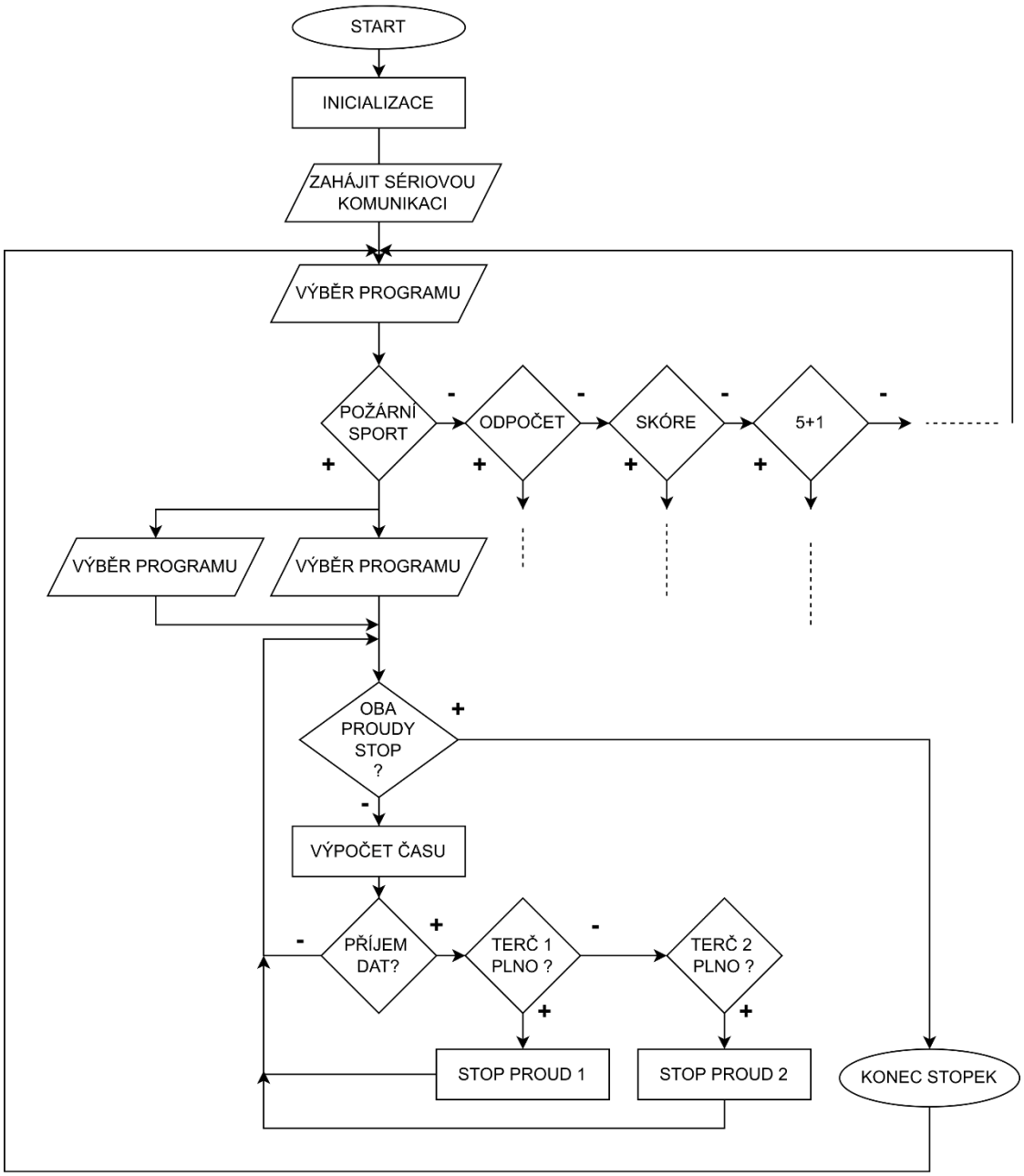


Příloha B - Vývojové diagramy zdrojových kódů

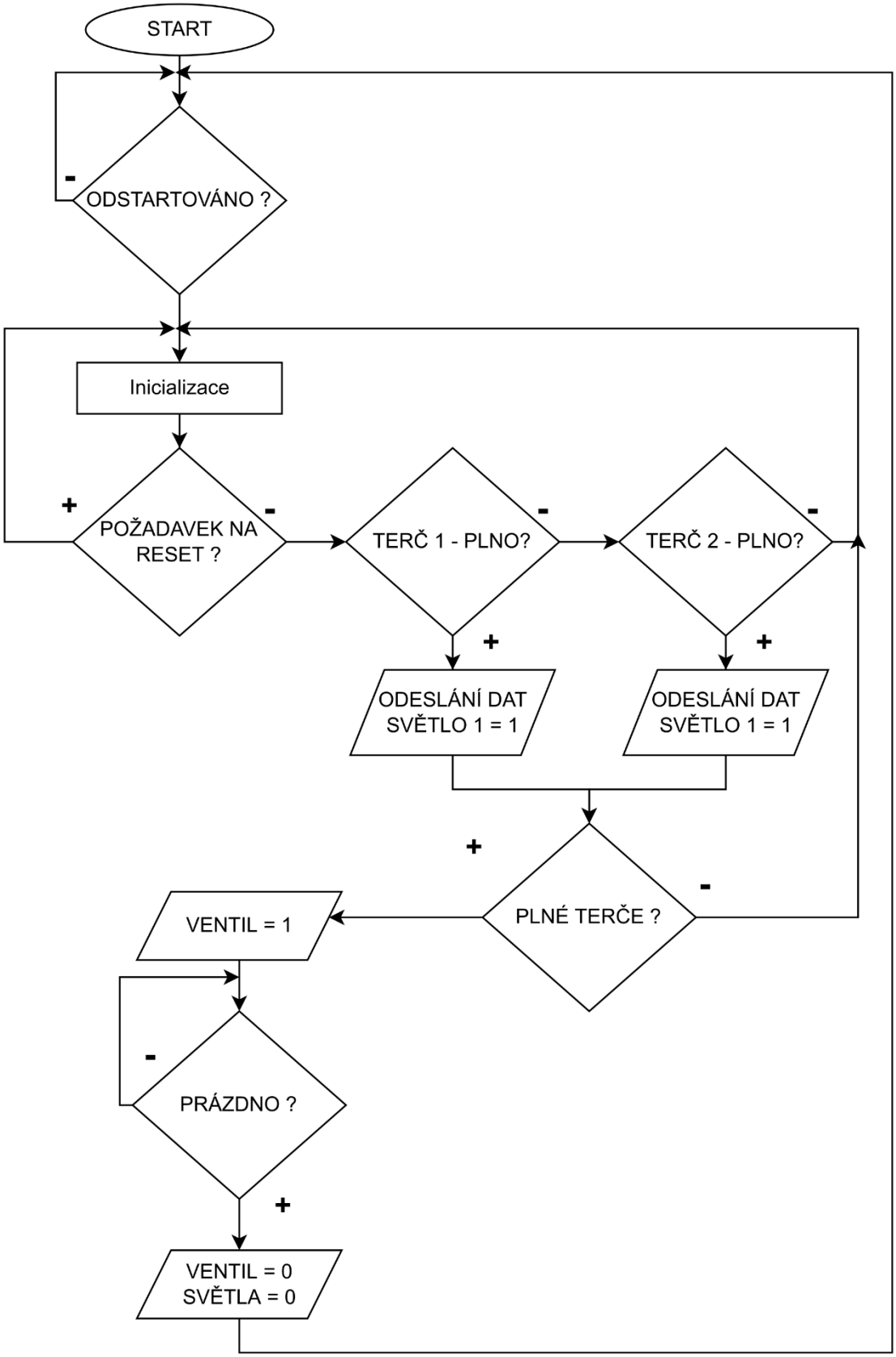
B.1 Vývojový diagram FW pro ústřednu



B.2 Vývojový diagram FW pro ovládací panel

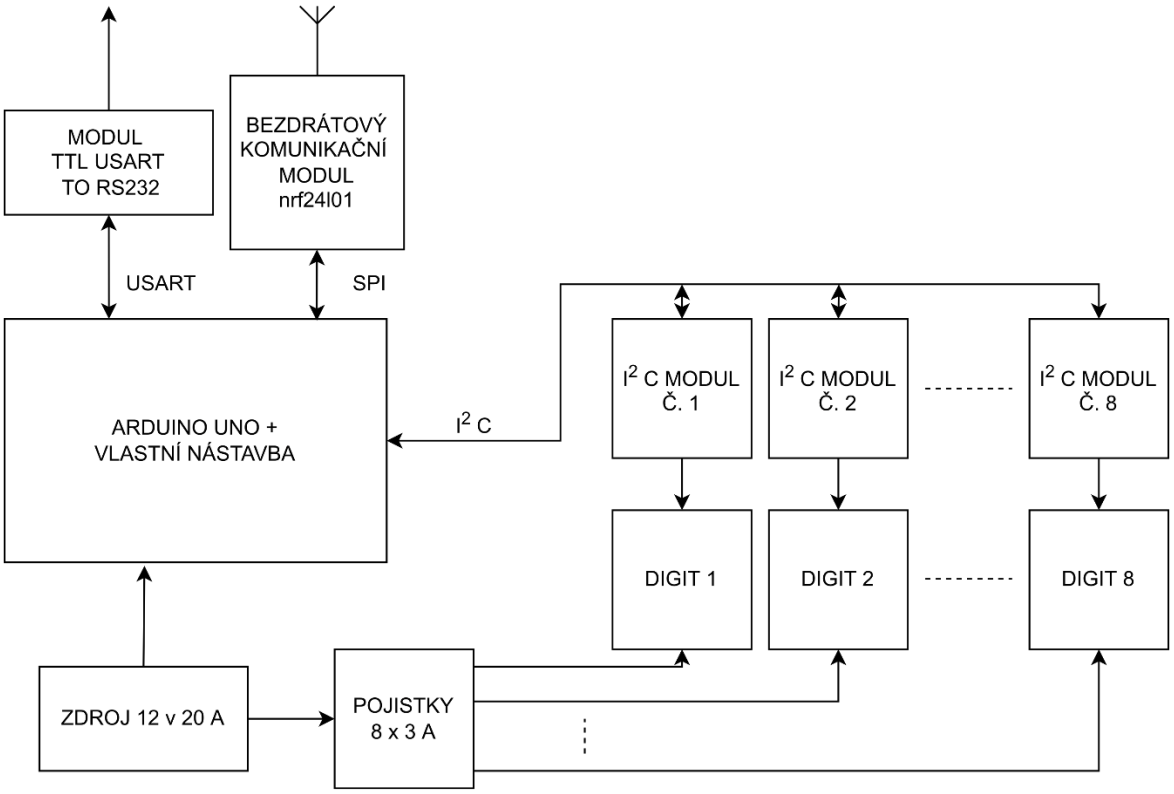


B.3 Vývojový diagram FW pro jednotku terčů

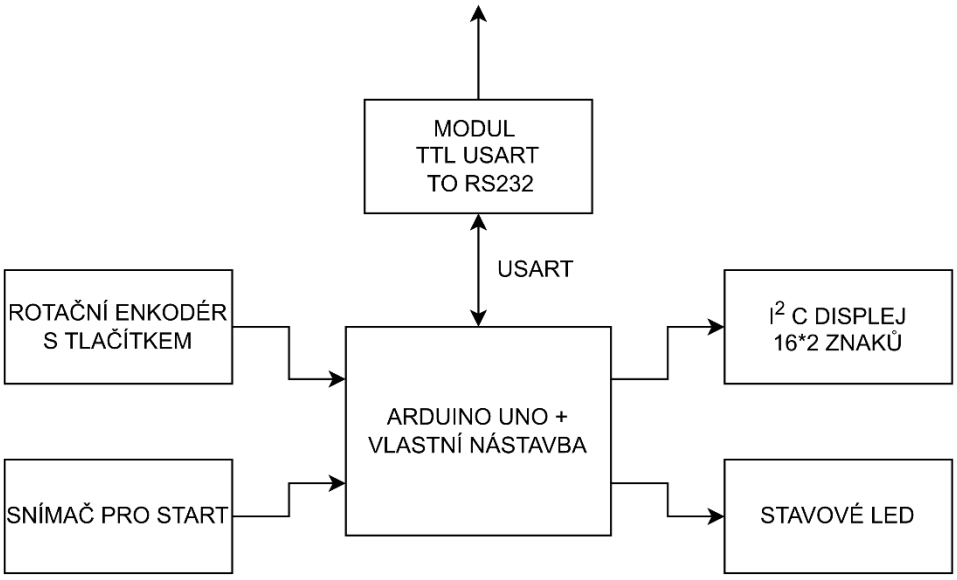


Příloha C - Bloková schémata zapojení modulů

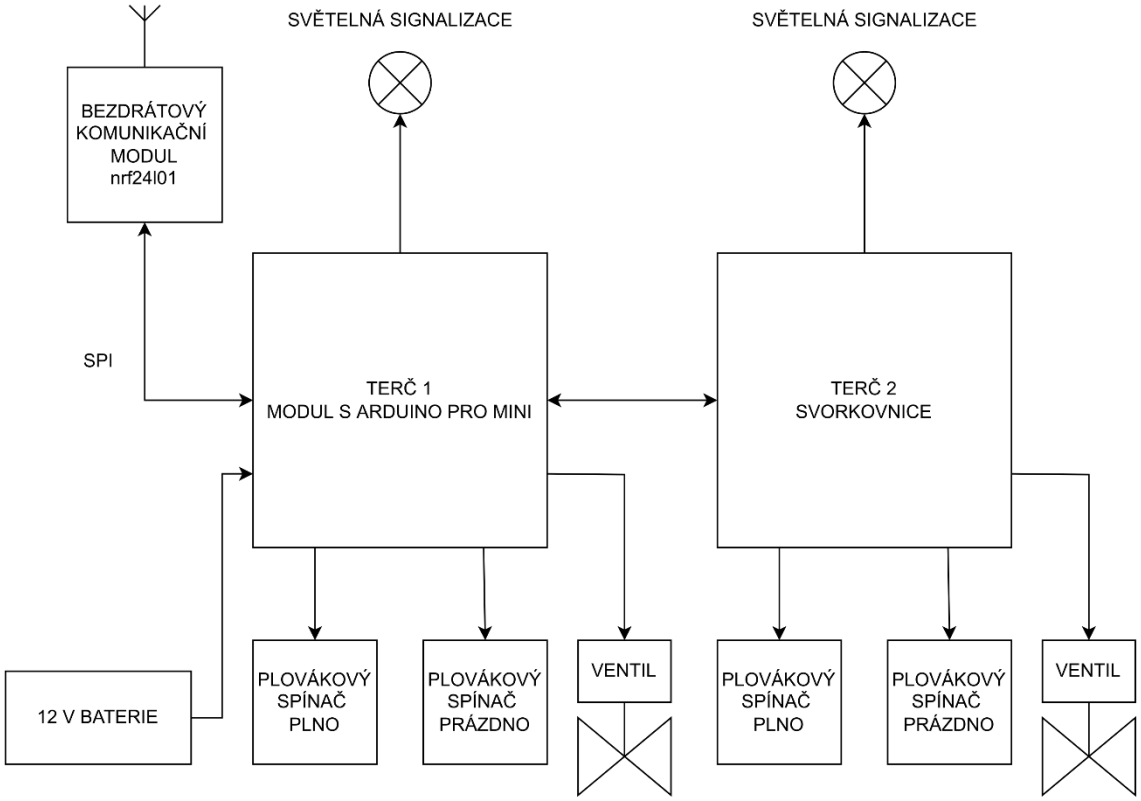
C.1 Blokové schéma zapojení ústředny



C.2 Blokové schéma zapojení ovládacího panelu



C.3 Blokové schéma zapojení terčů



Příloha D - Seznam elektronických příloh

1. Bakalářská_práce_xdrska04_220973.pdf
2. Zdrojove_kody.zip
3. Schemata_diagramy.zip
4. Schemata_a_navrhy_DPS_program_Eagle.zip
5. Fotodokumentace.zip