



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

## BEZDRÁTOVÁ ČASOMÍRA PRO HASIČSKÝ SPORT

WIRELESS TIMEKEEPER FOR FIREFIGHTING SPORT

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Šlechta

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Čech, Ph.D.

BRNO 2022

# Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Mikroelektronika a technologie**

Ústav elektrotechnologie

**Student:** Adam Šlechta

**ID:** 220857

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2021/22

**NÁZEV TÉMATU:**

## **Bezdrátová časomíra pro hasičský sport**

### **POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Navrhněte řešení bezdrátové časomíry pro hasičský sport, jejímž cílem bude eliminace chyb způsobených přerušením komunikace terčů a řídicím zařízením na startu. Vytvořte rešerši existujících nebo podobných řešení, podrobně popište problém a navrhněte jeho řešení. Navržené řešení časomíry zkonstruujte, otestujte a diskutujte dosažený výsledek.

### **DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Podle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 7.2.2022

**Termín odevzdání:** 2.6.2022

**Vedoucí práce:** Ing. Ondřej Čech, Ph.D.

**doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.**  
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**

Tato bakalářská práce se zabývá rozborem časomír určených pro hasičský sport. Představuje možnosti řešení těchto časomír a popisuje jejich problémy. V práci je obsažen přehled a zhodnocení komerčně dostupných časomír. Dále se práce zabývá možnostmi řešením bezdrátové komunikace a dálkové synchronizace času. V práci je popsán návrh a výroba prototypu časomíry. Práce taktéž stručně definuje historii a jednotlivé disciplíny hasičského sportu.

## **Klíčová slova**

Hasičský sport, časomíra, požární útok, synchronizace času, bezdrátová komunikace.

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the analysis of timekeepers designed for firefighting sport. It presents the possibilities of solutions for these timekeepers and describes their problems. The thesis includes a review and evaluation of commercially available timekeepers. Furthermore, the thesis deals with the possibilities of solutions for wireless communication and remote time synchronization. The thesis describes the design and manufacture of a prototype timekeeper. The thesis also briefly defines the history and individual disciplines of firefighting.

## **Keywords**

Fire sport, timekeeping device, fire sport attack, time synchronization, wireless communication.

## **Bibliografická citace**

ŠLECHTA, Adam. *Bezdrátová časomíra pro hasičský sport* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-06-01]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/142756>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie. Vedoucí práce Ondřej Čech.

# Prohlášení autora o původnosti díla

<b>Jméno a příjmení studenta:</b>	<i>Adam Šlechta</i>
<b>VUT ID studenta:</b>	<i>220857</i>
<b>Typ práce:</b>	<i>Bakalářská práce</i>
<b>Akademický rok:</b>	<i>2021/22</i>
<b>Téma závěrečné práce:</b>	<i>Bezdrátová časomíra pro hasičský sport</i>

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: 2. června 2022

-----  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing Ondřeji Čechovi, Ph.D za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: 2. června 2022

-----  
podpis autora

# Obsah

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>10</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1. PŘEDSTAVENÍ HASIČSKÉHO SPORTU .....</b>	<b>12</b>
1.1 HISTORIE HASIČSKÉHO SPORTU .....	12
1.2 DISCIPLÍNY HASIČSKÉHO SPORTU .....	12
1.2.1 <i>Běh na 100 m s překážkami.....</i>	<i>12</i>
1.2.2 <i>Výstup do 4. podlaží cvičné věže.....</i>	<i>13</i>
1.2.3 <i>Štafeta 4 x 100 m s překážkami.....</i>	<i>13</i>
1.2.4 <i>Požární útok.....</i>	<i>14</i>
<b>2. PŘEDSTAVENÍ HASIČSKÉ ČASOMÍRY.....</b>	<b>17</b>
2.1 SOUČÁSTI ČASOMÍRY .....	17
2.1.1 <i>Startování.....</i>	<i>17</i>
2.1.2 <i>Měření času.....</i>	<i>17</i>
2.1.3 <i>Komunikace terčů s časomírou.....</i>	<i>18</i>
2.1.4 <i>Spínání časomíry a konstrukce terčů .....</i>	<i>19</i>
2.1.5 <i>Zobrazování času.....</i>	<i>20</i>
<b>3. REŠERŠE DOSTUPNÝCH ŘEŠENÍ .....</b>	<b>21</b>
3.1 TRV ELEKTRONIK .....	21
3.1.1 <i>ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT: DUAL-150.....</i>	<i>21</i>
3.1.2 <i>ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT: DUAL-260.....</i>	<i>22</i>
3.1.3 <i>ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT – STOLNÍ MODEL .....</i>	<i>22</i>
3.1.4 <i>DÁLKOVÝ PŘENOS TERČŮ .....</i>	<i>23</i>
3.1.5 <i>Zhodnocení výrobků TRV elektronik.....</i>	<i>23</i>
3.2 <i>ING. LIBOR VALEŠ – VÝROBA ČASOMÍR A UKAZATELŮ .....</i>	<i>23</i>
3.2.1 <i>LCD ČASOMÍRA LV 4,66 - 4 VSTUPY .....</i>	<i>23</i>
3.3 <i>MARKYTRONIC.....</i>	<i>24</i>
3.3.1 <i>ALLinONE .....</i>	<i>24</i>
<b>4. NÁVRH ŘEŠENÍ ČASOMÍRY .....</b>	<b>25</b>
4.1 POŽADAVKY NA VLASTNOSTI ČASOMÍRY .....	25
4.1.1 <i>Přesnost .....</i>	<i>25</i>
4.1.2 <i>Tréninkový a soutěžní mód.....</i>	<i>25</i>
4.1.3 <i>Velký soutěžní zobrazovač .....</i>	<i>25</i>
4.1.4 <i>Automatický/pistolový start.....</i>	<i>25</i>
4.1.5 <i>Připojování různých senzorů .....</i>	<i>26</i>
4.1.6 <i>Odolnost.....</i>	<i>26</i>
4.2 <i>KOMUNIKACE MEZI ZAŘÍZENÍMI.....</i>	<i>26</i>
4.2.1 <i>Bezdrátová komunikace .....</i>	<i>26</i>
4.3 <i>SYNCHRONIZACE ČASU .....</i>	<i>27</i>
4.3.1 <i>GPS.....</i>	<i>27</i>
4.3.2 <i>Network Time Protocol.....</i>	<i>27</i>

4.3.3	<i>Precision Time Protocol</i> .....	28
4.4	NAPÁJENÍ .....	29
4.5	ŘEŠENÍ STARTOVÁNÍ .....	29
4.6	KONSTRUKCE VELKÉHO ZOBRAZOVAČE .....	30
4.7	BLOKOVÁ SCHÉMATA NAVRŽENÉHO ZAŘÍZENÍ .....	31
<b>5.</b>	<b>REALIZACE ČASOMÍRY</b> .....	<b>32</b>
5.1	NAPÁJENÍ .....	32
5.1.1	<i>Li-pol baterie</i> .....	32
5.1.2	<i>Nabíjení baterií</i> .....	32
5.1.3	<i>Kontrola kapacity baterií</i> .....	36
5.2	MIKROKONTROLER .....	38
5.2.1	<i>ATmega238P-PU</i> .....	38
5.3	ŘEŠENÍ BEZDRÁTOVÉ KOMUNIKACE .....	39
5.3.1	<i>Modul HC-12</i> .....	39
5.3.2	<i>Princip komunikace UART</i> .....	39
5.4	ŘEŠENÍ SYNCHRONIZACE ČASU .....	40
5.4.1	<i>GPS modul NEO-6M</i> .....	40
5.4.2	<i>Princip synchronizace</i> .....	41
5.5	STARTOVÁNÍ .....	42
5.6	REALIZACE DPS .....	43
<b>6.</b>	<b>ŘEŠENÍ VELKÉHO ZOBRAZOVAČE</b> .....	<b>44</b>
6.1	NAPÁJENÍ .....	44
6.2	KOMUNIKACE S ČASOMÍROU .....	45
6.3	ŘÍZENÍ SEGMENTŮ DISPLEJE .....	45
6.3.1	<i>I<sup>2</sup>C expandér</i> .....	45
6.3.2	<i>Spínání segmentů</i> .....	46
6.4	PRINCIP ZOBRAZOVÁNÍ INFORMACE .....	48
6.5	REALIZACE DPS A NOSNÉ BEDNY .....	48
<b>7.</b>	<b>MANUÁL A VLASTNOSTI ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>49</b>
7.1	MĚŘÍCÍ MÓDY .....	49
7.1.1	<i>Bezdrátový mód s automatickým startem</i> .....	49
7.1.2	<i>Bezdrátový mód s manuálním startem</i> .....	49
7.1.3	<i>Bezdrátový mód se startem pomocí externí pistole</i> .....	49
7.1.4	<i>Drátový mód s manuálním startem</i> .....	49
7.1.5	<i>Drátový mód se startem pomocí externí pistole</i> .....	50
7.1.6	<i>Čtení kapacity baterie</i> .....	50
7.1.7	<i>Nabíjení</i> .....	50
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>51</b>
	<b>LITERATURA</b> .....	<b>53</b>
	<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>57</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>58</b>



# SEZNAM OBRÁZKŮ

1: Běh na 100 m s překážkami [3] .....	12
2: Výstup do 4. podlaží cvičné věže [5].....	13
3: Štafeta 4 x 100 m s překážkami – hašení zapálené nádoby [8].....	13
4: Schéma provádění požárního útoku [11] .....	14
5: Požární útok [11] .....	15
6: Základna a hasičská stříkačka připravená na provedení útoku [10].....	16
7: Časomíra pro požární sport: Dual-150 [17] .....	21
8: Časomíra pro požární sport: Dual-260 [18] .....	22
9: Časomíra pro požární sport – stolní model [19] .....	22
10: Dálkový přenos terčů [20] .....	23
11: LCD Časomíra LV 4,66 – 4 vstupy [22].....	24
12: Časomíra ALLinONE [23] .....	24
13: Schéma synchronizace času pomocí protokolu NTP .....	28
14: Schéma synchronizace času pomocí protokolu PTP.....	28
15: Navrhované blokové schéma napájení časomíry .....	29
16: Navrhované blokové schéma velkého zobrazovače.....	30
17: Blokové schéma navrhovaného startovacího zařízení .....	31
18: Blokové schéma navrhovaného cílového zařízení .....	31
19: Lithium-polymerový akumulátor.....	32
20: Schéma nabíjecího obvodu .....	33
21: Průběh nabíjení akumulátoru .....	34
22: Schéma vstupního stabilizátoru .....	35
23: Schéma přemostění baterie .....	35
24: Schéma výstupního stabilizátoru .....	36
25: Blokové schéma napájecího obvodu.....	36
26: Schéma zapojení mikrokontroleru .....	38
27: Modul HC-12.....	39
28: Princip přenosu dat sběrnici UART .....	40
29: NEO-6M .....	41
30: Princip inicializace a synchronizace obou zařízení.....	41
31: Schéma spínače bzučáků .....	42
32: Blokové schéma spínaného zdroje MEAN WELL EPS-65-12.....	44
33: Rozmístění segmentů v displeji .....	45
34: Schéma zapojení IO expandéru .....	46
35: Princip komunikace I <sup>2</sup> C sběrnice [31] .....	46
36: Zapojení tranzistorového spínače pro led segmenty .....	47

# SEZNAM TABULEK

1: Vlastnosti mikrokontroleru ATmega238P-PU [37] .....	38
2: Vlastnosti modulu HC-12 [38] .....	39
3: Příklad přenosu dat .....	40
4: Vlastnosti modulu NEO-6M [40] .....	41
5: Vlastnosti spínaného napájecího zdroje MEAN WELL EPS-65-12 [44] .....	44
6: Vlastnosti led pásku [45] .....	45
7: Vlastnosti IO expandéru MCP23016 [46] .....	45
8: Vybrané vlastnosti tranzistoru BD139 [42] .....	47

# ÚVOD

Hasičský sport je perspektivní sport těšící se v poslední době stále větší oblibě. Jednotlivé teamy se neustále snaží dosáhnout lepších výkonů. Tato snaha vznáší vyšší požadavky na sportovní výkony, střikačky ale také na časomíry. Dnešní vrcholné ale už i poloamatérské teamy věnují přípravě a tréninku i několik dnů týdně a pro lepší sledování pokroku si chtějí i své tréninkové pokusy měřit. Z toho důvodu se v poslední době zvedá poptávka po časomírách, které jsou prakticky použitelné nejen na soutěži ale také na tréninku. Hlavní požadavek na takové časomíry je jednoduchá a rychlá manipulace, čehož se dosahuje odstraněním komunikačního vodiče a jeho nahrazením bezdrátovou komunikací a přidáním interního zdroje napájení.

Tato práce se tedy bude zabývat popisem jednotlivých částí klasických časomír a jejich dostupností na trhu. Dále se podíváme na několik komerčních možností klasického i bezdrátového propojení časomíry. Budou zmíněny možnosti bezdrátové komunikace a problémy které tuto komunikaci provázejí. Na tyto problémy se pokusíme najít možná řešení a stanovíme tak požadované vlastnosti zařízení. Budou navržena řešení vzniklých problémů a bude vytvořen funkční prototyp.

Práce bude členěná do sedmi částí. V první části budou popsány jednotlivé disciplíny hasičského sportu a bude zmíněna i historie tohoto sportu. V další části budou probrány jednotlivé části časomír a budou probrány způsoby řešení jednotlivých částí. Ve třetí části bude provedena rešerše komerčně dostupných řešení. Ve čtvrté části budou nastíněny teoretické možnosti realizace časomíry. V páté části bude probrána realizace časomíry. V šesté části se podíváme na realizaci velkého zobrazovače a v poslední části budou probrány jednotlivé nastavení zařízení.

# 1. PŘEDSTAVENÍ HASIČSKÉHO SPORTU

## 1.1 Historie hasičského sportu

První záznamy o hasičském sportu pocházejí z roku 1937 z tehdejšího Sovětského svazu, kde byl tento sport využíván pro přípravu a zdokonalování schopností hasičů. V roce 1967 byl tento sport přenesen ze Sovětského svazu do tehdejšího Československa. Nejprve byl provozován hlavně profesionálními hasičskými sbory, ale na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let se začal provozovat i mezi dobrovolnými hasiči. Po pádu východního bloku ztratil stát zájem o hasičský sport a došlo v průběhu devadesátých let k úpadku. Sport se ale udržel u dobrovolných spolků a po přelomu tisíciletí se začal znovu rozvíjet jak na státní, tak na mezinárodní úrovni. [1]

V současnosti hasičský sport provozuje více než 7000 týmů po celé České republice. Pravidelně je pořádáno Mistrovství České republiky v požárním sportu družstev, na které se postupuje z okrskového přes okresní a krajské kolo. Dále existuje nespočet místních hasičských lig. Nejprestižnější z nich je celostátní Extraliga ČR v požárním útoku, které se účastní nejlepší týmy z celé české republiky. [1]

## 1.2 Disciplíny hasičského sportu

### 1.2.1 Běh na 100 m s překážkami

Soutěžící musí v co nejkratším čase proběhnout 100 metrů dlouhou dráhu s překážkami. První překážka je 2 metry vysoká bariéra za kterou se nachází 2 hadice typu C-52 mm se kterými musí soutěžící přeběhnout 8 metrů dlouhou kladinu. Za kladinou hadice rozhodí a spojí, následně jeden konec připojí do připraveného rozdělovače a na druhý nasadí proudnici kterou má od startu za páskem. Nakonec co nejrychleji proběhne cílem. [2]



Obrázek 1: Běh na 100 m s překážkami [3]

### 1.2.2 Výstup do 4. podlaží cvičné věže

Soutěžící vybíhá ze startovní čáry k čtyřpatrové 10,85 metrů vysoké věži a pomocí 3,5 metru vysokého žebříku se snaží dostat na vrchol v co nejrychlejší čas. Po věži postupuje přesouváním žebříku z jednoho patra do druhého. Čas je zastaven ve chvíli, kdy stojí oběma nohama v posledním patře. [4]



Obrázek 2: Výstup do 4. podlaží cvičné věže [5]

### 1.2.3 Štafeta 4 x 100 m s překážkami

Tuto disciplínu provádí 4 soutěžící kteří překonávají 400 metrů dlouhou dráhu s překážkami. První závodník překonává takzvaný domeček, který přeleze anebo takzvané okno, kterým musí prolézt (záleží, zda se jedná o mistrovství ČR nebo o předchozí postupové kolo). Druhý překonává 2 metry vysokou bariéru. Třetí přenesení přes kladinu 2 hadice typu C 55 mm které rozhodí, za kladinou spojí a jeden konec připojí do připraveného rozdělovače a na druhý připojí proudnici která funguje zároveň jako štafetový kolík. Proudnici poté opět sundá a předá čtvrtému závodníkovi který pomocí připraveného hasicího přístroje uhasí zapálenou nádobu. Hasicí přístroj položí na určené místo a proběhne cílovou čarou. [6]

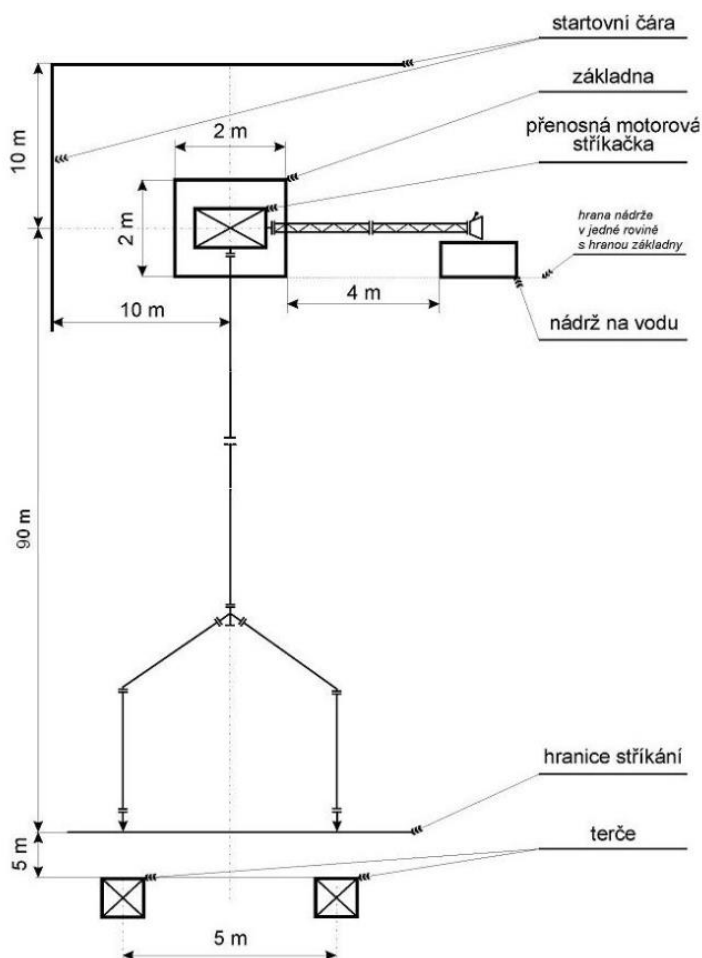


Obrázek 3: Štafeta 4 x 100 m s překážkami – hašení zapálené nádoby [8]

### 1.2.4 Požární útok

Požární útok je někdy označován jako královská disciplína, nejvíce se totiž přibližuje skutečné práci hasičů. Zároveň je i nejčastěji prováděn a většina místních i celostátních lig (včetně Extraligy ČR v požárním útoku) se skládá pouze z požárního útoku.

Požární útok provádí 7 závodníků, kteří se pomocí rozličného vybavení snaží dostat vodu z nádrže na vodu k 100 metrům vzdáleným terčům v co nejkratší době. Všichni vyběhají ze startovní čáry směrem k základně, na které je připraveno veškeré vybavení. Košář a narážec používají sací koš a savicové vedení k tomu, aby dostali vodu do hasičské stříkačky. S tím jim pomáhá mašinář, který se následně stará o regulování výkonu stroje tak, aby se voda dostala pomocí hadic k terčům v ideální moment. Další dva závodníci (běčkar a rozdělovač) spojují a natahují 3 hadice typu B od stříkačky k rozdělovači. Další dva (pravý a levý proudař) natahují a spojují každý 2 hadice typu C od rozdělovače k levému a pravému terči. Nakonec připojí na hadice proudnice a sestřelí proudem vody terč, čímž zastaví čas. Všechno toto zvládají nejlepší teamy za 16 sekund. [8]



Obrázek 4: Schéma provádění požárního útoku [11]

Jelikož je tato disciplína nejvíce rozšířená existuje také řada modifikací.

Pravidla Extraligy ČR v požárním útoku jsou nejčastěji používána na většině místních lig. Tato pravidla dovolují takzvané narážení, kdy je savič s košem ponořena do nádrže a následně je už plná vody připojena do stříkačky. Tato technika značně zrychluje cestu vody z kádě do stroje. Hadice musí být sportovního typu tedy se sníženým průměrem oproti klasickým zásahovým hadicím. Dále je povoleno mít hadice na základně libovolně narovnané pouze pod podmínkou minimální vzdálenosti púlspojek. Terče jsou srážecí což opět značně zrychluje výsledný čas útoku.

Pravidla používaná na mistrovství světa či ČR se liší používáním zásahových hadic a terči které obsahují nádrž, která musí být před ukončením útoku naplněna vodou.

Další modifikace se nazývají “Hrbáč“ nebo taky “Rozhazovaná“. Tato pravidla zakazují nabírání, kdy před ponořením koše do vody musí být sešroubováno celé savičové vedení. To vyžaduje upravenou hasičskou stříkačku tak, aby si dokázala vodu sama nasát. Dále se omezuje rozestavení hadic a dalšího materiálu na základně kdy musí být hadice smotané do klubek a spojování púlspojek je dovolené až mimo základnu.

Další úpravy pravidel modifikují dráhu, například jejím zkrácením o 20 metrů kdy je vynechána jedna hadice typu B. Existují i soutěže které omezují maximální zdvihový objem stříkaček.



Obrázek 5: Požární útok [11]



Obrázek 6: Základna a hasičská stříkačka připravená na provedení útoku [10]



## 2. PŘEDSTAVENÍ HASIČSKÉ ČASOMÍRY

### 2.1 Součásti časomíry

#### 2.1.1 Startování

Ke startování a zahájení měření času se nejčastěji používají startovací pistole, které využívají slepých nábojů, k vytvoření silného zvuku. Samotný impuls se do časomíry může dostávat několika způsoby.

První a nejjednodušší způsob je pomocí spínače umístěného na spoušti. Jakmile dojde k stisku spouště, dojde k sepnutí obvodu a k vyslání signálu který spustí časomíru. Nevýhodou tohoto systému je složitější konstrukce pistole.

Další způsob pracuje s piezoelektrickým senzorem, který je spuštěn tlakovou vlnou z výstřelu. Tyto senzory se umísťují přímo na hlaveň pistole, kdy tlaková vlna působí silou na senzor a ten vlivem piezoelektrického jevu generuje napětí, které sepne časomíru. Nevýhodou tohoto systému je namáhání senzoru, který se tak často poškozuje. Takovéto poškození je problém, jelikož se projeví až po odstartování pokusu a celý útok se musí opakovat.

Poslední způsob využívá mikrofonu, který je citlivý na zvuk výstřelu pistole. Elektrostatický či elektromagnetický senzor citlivý na vysokou intenzitu zvuku vyše v případě zachycení výstřelu signál, který spustí časomíru. Nevýhodou bývá citlivost senzoru i na jiné zvuky, než je výstřel, například na zvuk motoru stříkačky.

Obecně jsou startovací pistole nespolehlivé z důvodu velkého množství pohyblivých částí a nespolehlivostí nábojů. Největší problém ovšem je že pistole vyžaduje dalšího člověka na obsluhu. To určitě není problém na soutěžích, avšak na tréninku, kde se často schází pouze soutěžící, to už problém bývá.

V poslední době se rozmohlo startování pomocí klaksonu nebo jiného elektronického zařízení schopného vydávat hlasité zvuky. V tomto případě je snímán signál, který spustí klakson a zároveň sepne časomíru. Tento druh startování je tedy velmi jednoduše prováděn automaticky programem. Navíc klaksony na rozdíl od pistolí obsahují minimum pohyblivých součástí a jsou tak mnohem spolehlivější. Nevýhodou může být odlišnost intenzity zvuku od běžněji využívané pistole.

#### 2.1.2 Měření času

První měření času se provádělo pomocí ručních stopek, kdy několik rozhodčí sledovalo průběh útoku a následně ze všech naměřených časů vypočítali průměr, který zapsali jako výsledný čas. Tento druh měření je velmi nepřesný a nelze s ním měřit čas na obou terčích. Dnes se již téměř nevyskytuje.

Následně se začaly objevovat elektronické časomíry, kdy byl startovací a cílový signál z terče použit k spouštění a zastavování mechanických stopek. Díky velkému

množství pohyblivých částí hodin byla spolehlivost systému nízká. Pokud by měl být změřen i druhý terč, musel by systém obsahovat dvoje stopky.

Dnes se nejčastěji používají čistě elektronické systémy, kdy se měření provádí pomocí počítače a jeho interních hodin, nebo pomocí mikrokontrolerů. Tyto hodiny obsahují přesný oscilátor. Jednotlivé impulzy jsou zapisovány do registru a následně je program v mikrokontroleru přepočítá na srozumitelný čas. Tento systém má díky programovatelnosti možnost číst registr během měření a může tedy zaznamenat libovolný počet mezičasů.

Drtivá většina dnešních komerčních i domácích časomír měří s přesností na 10 ms. Hlavní důvod, proč se nevyžívají přesnější časomíry, je zpoždění na senzorech, kdy mechanické a elektrické prvky způsobují zpoždění v řádech milisekund [13]. Dalším důvodem je historický zvyk, kdy ani nejprestižnější ligy či mistrovství světa nevyžívají vyšší přesnosti.

Oscilátor časomíry je nejčastěji tvořen krystalem, který svou přesností udává přesnost celé časomíry. Přesnost oscilátoru je udávána jako ppm (parts per million). Běžně se využívají oscilátory s přesností 20 ppm, což znamená že výsledná frekvence se bude od požadované lišit o 0,002 % [13][14]. V tomto případě dojde k odchylce větší, než je rozlišitelnost časomíry (10 ms) za:

$$\Delta t = \frac{T \cdot 10^6}{ppm} = \frac{0,01 \cdot 10^6}{20} = 500 \text{ s} \quad (1)$$

Jelikož splnění všech disciplín nezabere více jak několik jednotek minut je tato přesnost oscilátoru dostačující.

Některé časomíry dovolují měřit kromě času sražení levého a pravého terče ještě další mezičasy. Měří se čas dotyku koše s vodou, výstřik vody ze stroje, průchod vody rozdělovačem a výstřik vody z proudnice. Toto měření obvykle provádí rozhodčí, který vlastním sledováním rozhoduje, kdy stiskne tlačítko pro zápis mezičasu. Toto měření je tak opět velmi nepřesné. Obvyklá reakční doba člověka je kolem 0,2s, kdy rozdíly na prvním mezičase bývají, po přeměření pomocí videozáznamu, u nejlepších týmů kolem 0,2s [15].

### 2.1.3 Komunikace terčů s časomírou

Jelikož se terče nachází ve vzdálenosti 100 metrů od startovní čáry, je potřeba zajistit přenos signálu od senzoru terče do časomíry.

Nejjednodušší metoda je, mezi začátkem a koncem dráhy, natáhnout vodič. Tento způsob má nespornou výhodu v jednoduchosti a spolehlivosti. Největší nevýhodou pak bude jeho velikost a nepraktičnost při zapojování, kdy natáhnou a následně smotat takovýto kabel zabere značné množství času.

Další možností, jak zajistit komunikaci je pomocí bezdrátové komunikace. V tomto případě využíváme rádiové vlny pro přenos signálu z terčů ke startu. Tento systém je však velmi nespolehlivý. A to hlavně z důvodu nutnosti vyslaný signál okamžitě zachytit, pokud k tomu nedojde nezastaví se časomíra a čas je změřen chybně. Důvodem ke zpomalení přenosu či úplné ztrátě signálu může být několik, například překážkou mezi anténami nebo vodním proudem. Další problém s komunikací může nastat, pokud dojde k poškození antény na terči například právě proudem vody.

Další systém také využívá bezdrátovou komunikaci, ale v tomto případě se rádiové vlny používají pro přenos dat. Obě zařízení, jak na startu, tak v cíli, mají svoje synchronizované hodiny a pouze si posílají hodnotu na těchto hodinách. Pomocí mikrokontroleru pak dojde k výpočtu výsledného času. Problém u tohoto systému je nutnost přítomnosti synchronizovaných hodin. Toho se dá dosáhnout několika způsoby, avšak každý z těchto způsobů přináší větší komplexitu do systému.

#### **2.1.4 Spínání časomíry a konstrukce terčů**

Pro každou disciplínu se používá trochu jiný druh senzoru pro zastavení časomíry.

Pro disciplíny Běh na 100 metrů s překážkami a Štafeta 4 x 100 metrů s překážkami se nejčastěji využívají optické brány. Ty fungují na principu přerušení světla mezi dvěma body, kdy fokusovaný paprsek světla svítí skrz dráhu běhu. Jakmile soutěžící proběhne tímto paprskem, zaznamená fotocitlivý senzor změnu a vyšle signál pro sepnutí časomíry.

Pro disciplínu Výstup do 4. podlaží cvičné věže se používají tlakové senzory, umístěné na podlaze posledního patra věže. Jakmile soutěžící došlápne na desku, dojde k vyslání signálu a k zastavení časomíry. Tyto senzory fungují obvykle na mechanickém principu.

Pro zastavení času Hasičského útoku je potřeba sestřelit terče, toho se obvykle dosáhne posunem či sklopením nějaké mechanické části. Nejčastěji se využívá kovový válec umístěný na kloubu, kolem kterého se pomocí proudu vody může otočit. Senzor má tedy za úkol zachytit tento pohyb a vyslat signál do zařízení.

K tomu se často využívají mechanické spínače, kdy válec po pohybu přenesou svou váhu na spínač. Výhodou těchto spínačů je jednoduchost a dobrá spolehlivost, avšak nárazy válce mají díky vysokému proudu vody velkou intenzitu a životnost takového senzoru je proto nízká.

Dále se využívají magnetické spínače, kdy je na válec umístěn magnet, který při pohybu sepne spínač umístěný v ideální pozici. Spínač se skládá z magnetu a pružiny. Během průchodu válce s magnetem kolem spínače se magnety přitáhnou a dojde k uzavření obvodu a sepnutí časomíry. Výhodou je jednoduchost a slušná spolehlivost, avšak u levnějších senzorů, může dojít k sepnutí vlivem vibrační terče po zásahu vodním proudem.

Existuje i možnost sledovat pohyb válce pomocí optické brány. Tento způsob je však vlivem velkého množství proudící vody a citlivostí optických senzorů nepříliš praktický.

Některé úpravy hasičského útoku využívají takzvané nástřikové terče, kdy je úkolem závodníků nastříkat do nádrže v terči požadované množství vody. Spínání pak obvykle probíhá pomocí plováku, který je hladinou vody zvedán k horní části nádrže, kde sepne mechanický spínač a zastaví časomíru.

Součástí terčů bývá i signalizace sepnutí. Tato signalizace dříve sloužila rozhodčím, když se ještě měřil čas ručně. Dnes se využívá pro kontrolu správné funkce časomíry a jako signalizace pro závodníky, kteří nemusí vidět na display a nevěděli by tak, kdy mohou pokus ukončit. Tato signalizace se realizuje mechanicky, kdy dojde spolu s pohybem válce k otočení či vystrčení plošky, tak aby bylo jasné vidět, že byl terč sestřelen. Výhodou je jednoduchost a nezávislost na funkčnosti elektrického senzoru, avšak teoreticky může dojít k stražení terče zásahem signalizační plošky. Používá se také elektrická signalizace, kdy dojde k rozsvícení žárovky či LED svítidla. Výhodou je lepší viditelnost a nevýhodou je nutnost napájení elektrickou energií.

### **2.1.5 Zobrazování času**

Pro tréninkové použití časomíry je dostačující malý display, který bývá umístěn na pouzdru zařízení. Velké zobrazovače se používají hlavně na soutěžích, kde slouží pro lepší a jednodušší informování diváků o průběhu pokusu.

Zobrazovače mají obvykle dva řádky, tak aby mohli zobrazit čas sražení obou terčů. Alternativně se používají jednořádkové displeje, kdy se zobrazují časy jeden po druhém.

Zobrazování se nejčastěji provádí pomocí LED diod, či LCD panelů. LCD panely či LED pole dovolují zobrazení složitějších tvarů, avšak jejich cena je vyšší. Pro zobrazení většiny potřebných znaků obvykle stačí několik sedmi segmentových znaků.

## 3. REŠERŠE DOSTUPNÝCH ŘEŠENÍ

### 3.1 TRV elektronik

Firma TRV elektronik se stala jednou z největších, co se týče množství vyráběných a prodávaných modelů časomír. Na svém e-shopu nabízejí také značné množství doplňků, jako například senzory, terče či signalizační světla. Jejich výrobky nabízí i značné množství jiných obchodů a e-shopů. Časomíry a displeje jejich výroby jsou velmi často k vidění na soutěžích. Nyní si tu probereme pár jejich nejzajímavějších modelů. [16]

#### 3.1.1 ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT: DUAL-150

Jedná se o komplet, kdy je veškerý hardware časomíry umístěn ve velkém zobrazovači. Zařízení dokáže měřit až 4 terče zároveň. Je uzpůsobeno tak aby se k němu dali připojit jak koncové spínače, tak optické brány, a stejně tak je možné startovat časomíru pomocí startovací pistole či optickou závorou. Zařízení dokáže odpočítávat čas až od devíti minut, což je vhodné pro měření času přípravy před útokem. Dále obsahuje funkci zobrazení reálného času. Časomíra je schopná komunikovat s počítačem a přenášet do něj výsledky, avšak software je nutno dokoupit za 2 196 Kč. Display má velikost číslic 150 milimetrů. [17]

Časomíra se prodává za 27 642 Kč. Výrobek se dá zakoupit i v sadě s kabeláží, koncovými spínači a startovací pistolí, tím se však dále prodražuje. [17]



Obrázek 7: Časomíra pro požární sport: Dual-150 [17]

### 3.1.2 ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT: DUAL-260

Tento model je skoro stejný jako model DUAL-150, jediný rozdíl je ve velikosti číslic zobrazovače, které dosahují velikosti 260 milimetrů. Cena zařízení je 35 628 Kč. [18]



Obrázek 8: Časomíra pro požární sport: Dual-260 [18]

### 3.1.3 ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT – STOLNÍ MODEL

Tento model se prodává umístěný v praktické krabici a neobsahuje velký display. Pro zobrazení času využívá malého LCD displeje. Stejně jako předchozí časomíry od tohoto výrobce dokáže měřit až 4 dráhy a je připraven na připojení jak optických bran, tak koncových spínačů. Dokáže komunikovat s počítačem. [19]

Časomíra je určena pro použití na tréninku. Jelikož ale zařízení obsahuje konektor pro připojení externího displeje, může být využito i na soutěži. Cena zařízení je 9 620 Kč. [19]



Obrázek 9: Časomíra pro požární sport – stolní model [19]

### 3.1.4 DÁLKOVÝ PŘENOS TERČŮ

Toto zařízení slouží jako doplněk k zmíněným časomírám a přidává možnost bezdrátové komunikace s terčí. Aby zařízení fungovalo je třeba upravit i časomíru, s kterou má komunikovat. Cena zařízení je 13 116 Kč. [20]

Z dostupného popisu není jasné, jak přesně ke komunikaci dochází a jestli obsahuje nějaký systém který řeší přerušení komunikace.



Obrázek 10: Dálkový přenos terčů [20]

### 3.1.5 Zhodnocení výrobků TRV elektronik

Oba výrobky s velkým displejem jsou i z vlastní zkušenosti velmi kvalitní a funkční. Problémem obou zařízení je nutnost externího napájení 12 V například z autobaterie, což je prodražuje a komplikuje manipulaci. Obě časomíry jsou navíc poměrně drahé.

Stolní model časomíry je cenově zajímavý, avšak stále obsahuje řadu nepraktických prvků jako právě drátové propojení s terčí nebo nutnost externího napájení. Dále absence automatického startování je u tréninkové časomíry poměrně velký nedostatek.

Co se týče bezdrátového řešení firmy TRV elektronik tak jelikož nevíme, jak přesně funguje, je jeho využití nevhodné. Cena výrobků je poměrně vysoká, a navíc sám o sobě neplní funkci časomíry která musí být zakoupena zvlášť, tím se dostáváme již na velmi vysoké částky.

## 3.2 Ing. Libor Valeš – výroba časomír a ukazatelů

Ing. Libor Valeš se zabývá výrobou nejrůznějších časomír, displejů a ukazatelů skóre. Nabízí několik časomír pro hasičský sport, avšak liší se pouze počtem vstupů. Zajímavé je že na svých stránkách garantuje sedmiletou záruku na své výrobky.[21]

### 3.2.1 LCD ČASOMÍRA LV 4,66 - 4 VSTUPY

Tato časomíra dokáže měřit čtyři vstupy, a to jak koncové spínače, tak fotobuňky.

Startování je možné pouze pomocí startovací pistole. Časomíra dokáže podle autora měřit s přesností na 1 ms, což je podle požadavků většiny lig nepodstatné. Navíc kvůli zpoždění senzorů nemusí této přesnosti ani dosahovat. Časomíra je napájena externě 12 V a nenabízí žádnou možnost bezdrátového připojení terčů. Časomíra je uzpůsobená k připojení velkého displeje. Za cenu 4 590 Kč se jedná o poměrně zajímavý kousek. Výhodou je i podrobně napsaný návod na obsluhu časomíry. [22]



Obrázek 11: LCD Časomíra LV 4,66 – 4 vstupy [22]

### 3.3 Markytronic

Tento výrobce se rozhodl vytvořit časomíru která by byla schopná měřit velké množství rozdílných sportů, má tedy velké množství různých módů. [23]

#### 3.3.1 ALLinONE

Tato časomíra je vyrobena ve formě displeje a veškerý hardware je umístěn v zobrazovači. Zařízení zvládá měřit až 4 vstupy najednou. Jelikož se jedná o multifunkční časomíru dokáže snímat signál z několika různých senzorů. Startování může probíhat pomocí startovací pistole či pomocí tlačítka na časomíře. Napájení je externí z 12 V zdroje či baterie. Autor nabízí i rozšíření zařízení o bezdrátovou komunikaci mezi terčí a časomírou, jelikož ale hovoří pouze o nahrazení kabelu vysílačem nepředpokládám, že by nějak řešil přerušování komunikace. Zařízení dokáže komunikovat s počítačem a odesílat data do programu který je zdarma k dispozici na stránkách výrobce. [23]



Obrázek 12: Časomíra ALLinONE [23]



## **4. NÁVRH ŘEŠENÍ ČASOMÍRY**

### **4.1 Požadavky na vlastnosti časomíry**

#### **4.1.1 Přesnost**

Jak jsme si již řekli, přesnost na 10 ms je dostačující a ani tato časomíra se nebude snažit měřit čas přesněji. Zároveň je i vlivem pomalé lidské reakce poměrně zbytečné implementovat měření mezičasů.

#### **4.1.2 Tréninkový a soutěžní mód**

Časomíra by měla být použitelná jak při tréninku, tak na soutěži.

Pro tréninkové použití je tlak na jednoduché používání a rychle a snadné rozkládání a uklízení časomíry. Pro tento účel by měla být časomíra vybavená malým displejem umístěným přímo na krabici zařízení. Zároveň by časomíra měla být vybavena interními bateriemi. Pro zjednodušení manipulace by využívala v tomto módu bezdrátové komunikace.

Pro soutěžní účely je nutná co největší spolehlivost a možnost připojení velkého zobrazovače. Jelikož nám na soutěži tolik nejde o rychlost rozkládání a sklízení zařízení, je podle mě výhodnější nevyužívat bezdrátovou komunikaci a opatřit časomíru konektorem který dovolí zařízení fungovat v klasickém režimu. Důvodem k tomu je zkrátka nepřekonatelná spolehlivost a jednoduchost využití vodiče pro přenos signálu. Někteří dobrovolní hasiči a rozhodčí považují použití bezdrátové časomíry na soutěži za zbytečné riziko. I z vlastní zkušenosti vím, že vlivem větší složitosti a stále ještě nedokončeného vývoje těchto časomír, na nich snadnění dojde k poruše. Naopak drátový přenos je jednoduchý a velmi dobře ozkoušený.

#### **4.1.3 Velký soutěžní zobrazovač**

Hlavní požadavek na displej je velká jasnost a dostatečná velikost číslic, tak aby obsah na něm zobrazený byl vidět i z větší dálky. I když dokáže dvouřádkový zobrazovač přenést více informací, můžeme stejného efektu za nižší cenu dosáhnou i jednořádkovým pomocí střídání zobrazených časů. Z toho důvodu si myslím, že použití jednořádkového displeje je výhodnější.

#### **4.1.4 Automatický/pistolový start**

Pro tréninkové účely by měla být časomíra vybavena systémem automatického startu. Zároveň by ale časomíra měla být pro soutěžní účely vybavena konektorem pro spínač spínaný startovací pistolí.

#### **4.1.5 Připojování různých senzorů**

Jelikož různé terče i disciplíny využívají různých senzorů pro zastavení času, měla by časomíra být schopná připojení široké škály senzorů.

#### **4.1.6 Odolnost**

Protože bude zejména zařízení u terčů často vystavováno poměrně nepříznivým podmínkám, mělo by být zařízení chráněno tak, aby tyto podmínky v pořádku vydrželo.

### **4.2 Komunikace mezi zařízeními**

#### **4.2.1 Bezdrátová komunikace**

Bezdrátové komunikace dosáhneme využitím elektromagnetických vln. V české republice existuje několik volných frekvencí, které mohou být volně využívány obyvateli. Tyto frekvence určuje český telekomunikační úřad. Navrhované zařízení se řadí do kategorie Zařízení krátkého dosahu, kde podmínky použití a vhodné frekvence určuje všeobecné oprávnění č. VO-R/10/12.2019-9. [24]

Nejčastěji používané kmitočty pro tato zařízení jsou 27 MHz, 433 MHz, 868–876 MHz a 2,4 GHz.[25]

Během přenosu rádiových vln může dojít k řadě chyb. Chyby při modulaci či demodulaci signálu mohou zapříčinit chybu v přenášené informaci. Odrazy a překážky v cestě mezi vysílačem a přijímačem mohou způsobit úplnou ztrátu signálu. Zvláště v podmínkách hasičského sportu, kdy jsou antény často vystaveny proudu vody, který je může poškodit či zastínit. Stejně tak se mezi vysílačem a přijímačem může pohybovat řada lidí, kteří mohou tvořit překážku pro signál.

Pokud bychom při přenosu signálu, který značí sepnutí koncového snímače terče spoléhali pouze na to, že signál v každém případě dorazí na přijímač, museli bychom zajistit ideální podmínky, či velmi naddimenzovat sílu vysílaného signálu. Ani jedno není v našich podmínkách možné.

Proto bude časomíra využívat synchronizovaných hodin a bude předávat mezi zařízeními čas, kdy došlo ke startu a sepnutí spínače terčů. Samozřejmě i v tomto případě může dojít k výpadku signálu, tentokrát však nedojde ke ztrátě informace, která je stále uložená ve vysílacím zařízení.

Poškození signálu může taktéž nastat, avšak tento problém se dá řešit například opakovaným zasláním informace, či využitím systémů kontroly správnosti informace. Například pomocí kontrolního součtu, kdy dojde k odeslání doplňkové informace, která obsahuje výsledek početní úpravy zasílané informace. Po přijmutí signálu se získaná data přepočítají podle stejného algoritmu, pokud se dojde ke stejnému výsledku víme, že přijatá data jsou správná. Pokud se výsledek liší, opakujeme zaslání dat. Mezi další kontrolní algoritmy patří například paritní bit, kdy doplňková informace obsahuje počet logických jedniček v informaci.[26]

## 4.3 Synchronizace času

V této kapitole se podíváme na možnosti dálkové synchronizace času.

### 4.3.1 GPS

GPS se běžně využívá pro určení polohy na povrchu země. Pomocí minimálně tří satelitů je možné pomocí triangulace určit poměrně přesně pozici na povrchu země.

Pro potřeby měření času je ale daleko zajímavější PPS signál, který družice vysílají každou vteřinu, právě pro potřeby synchronizace času. Každá družice obsahuje velmi přesné atomové hodiny, díky tomu je přesnost těchto impulzů až 1 mikrosekunda, což je pro účely hasičského sportu více než dostačující. [27][28]

Problém u tohoto systému je že nevysílá přímo hodnotu času ale pouze krátký signál. Kvůli tomu musí u synchronizovaných zařízení dojít k inicializaci, při které určí, od kterého impulzu se bude čas počítat. Další problém je nutnost umístit do zařízení GPS přijímač, který zařízení dále prodraží. Krátkodobá ztráta připojení na družici není nutně problém, jelikož si můžeme hodnotu aktuální sekundy dopočítat od posledního přijatého signálu.

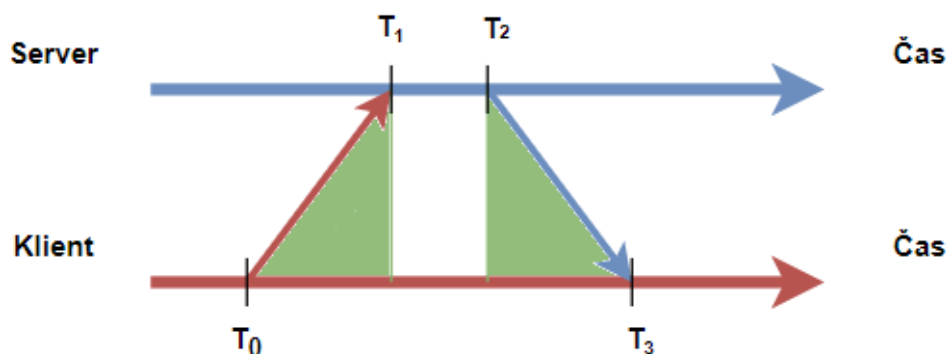
Výhodou tohoto řešení je nízká spotřeba a relativní jednoduchost.

### 4.3.2 Network Time Protocol

Tento protokol se používá v počítačových sítích pro synchronizaci času. Za ideálních podmínek dosahuje přesnosti 200 mikrosekund za normálních podmínek se přesnost pohybuje v řádu milisekund.[29]

Synchronizace je prováděna pomocí několika zpráv vyměněných mezi serverem a klientem. Pokud klient požaduje synchronizaci, vyšle signál serveru a uloží si čas  $T_0$ . Server si uloží čas  $T_1$  a pošle zpět klientu odpověď která obsahuje čas  $T_1$  a jeho aktuální čas, tedy  $T_2$ . Klient si následně uloží čas přijetí  $T_3$  a pomocí všech uložených hodnot času spočítá pomocí vzorce (2) o kolik se jeho čas liší od serveru. Tento proces je několikrát opakován. [29]

$$\theta = \frac{(T_1 - T_0) + (T_2 - T_3)}{2} \quad (2)$$



Obrázek 13: Schéma synchronizace času pomocí protokolu NTP

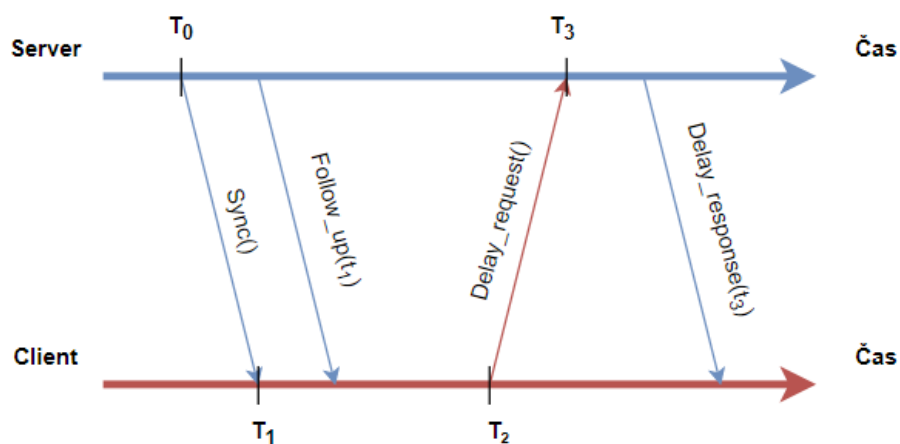
Tento postup synchronizace má výhodu v tom, že nevyžaduje externí zařízení a využívá pro synchronizaci pouze komunikační modul.

Nevýhodou je předpoklad, že se doby komunikace (zelené trojúhelníky) nebudou lišit. Abychom zabránili této chybě je vhodné synchronizaci často opakovat, to ovšem zvyšuje spotřebu energie.

#### 4.3.3 Precision Time Protocol

Tento protokol se používá v počítačových sítích na synchronizaci času u zařízení, která vyžadují vysokou přesnost synchronizace. V ideálních podmínkách dosahuje přesnosti v řádech mikrosekund. [30]

Princip je podobný jako u NTP, s rozdílem že komunikaci zahajuje server. Server vyšle synchronizační signál v čase  $T_0$ . Čas  $T_0$  je odeslán následující zprávou. Klient si uloží čas  $T_0$  a  $T_1$ . Následně v čase  $T_2$  vyšle signál, kterým si vyžádá odpověď serveru. Ten pošle klientovi zpět čas  $T_3$ . Klient následně provede pomocí všech uložených časů a vzorce (2) výpočet odchylky od času serveru. Tento proces se několikrát opakuje. [30]

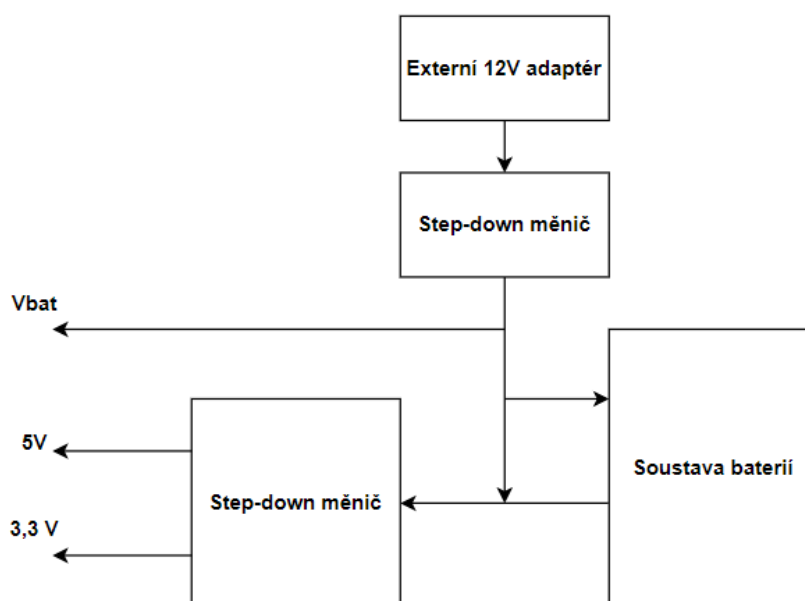


Obrázek 14: Schéma synchronizace času pomocí protokolu PTP

Vysoká udávaná přesnost systému je dána zejména tím, jak tento protokol pracuje s prvky počítačových sítí. Dá se tedy předpokládat, že pokud by byl systém využíván pro synchronizaci časoměry dosahoval by podobné přesnosti jako NTP protokol.

## 4.4 Napájení

Zařízení by mělo obsahovat baterie které mu dovolí fungovat i bez externího napájení. Samotné nabíjení baterií bude prováděno pomocí externího zdroje. Zároveň by mělo být možno nabíjet zařízení i za běhu. Pomocí step-down zdroje budou vytvářena všechna potřebná napájecí napětí. Napětí baterie bude taktéž vyvedeno, pro potřebu měření aktuální kapacity baterie.



Obrázek 15: Navrhované blokové schéma napájení časoměry

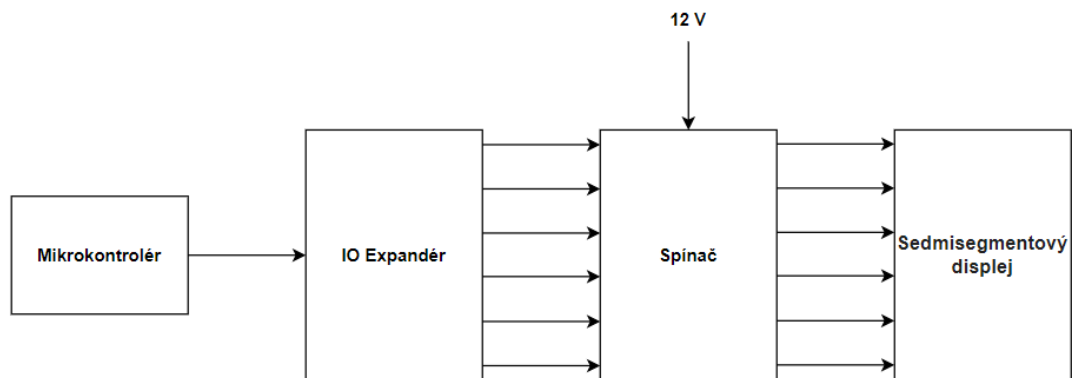
## 4.5 Řešení startování

Časomíra bude obsahovat konektor pro připojení startovací pistole, či senzoru, který snímá výstřel z pistole. Pro tréninkový mód bude časomíra schopna provést automatickou startovací sekvenci, kdy pomocí reproduktoru či bzučáku provede několik zvukových impulsů. Po aktivaci tohoto systému počká časomíra několik vteřin, než se všichni závodníci připraví a následně provede signály “připravít“, “pozor“, “ted“, kdy mezi posledními dvěma impulzy nechá náhodnou časovou prodlevu. Na začátku signálu “ted“ zapíše čas startu.

## 4.6 Konstrukce velkého zobrazovače

Velký zobrazovač se bude skládat z jednoho řádku který bude obsahovat pět sedmi segmentových znaků. První znak bude určovat terč či číslo dráhy a zbylé čtyři znaky budou zobrazovat čas. Velikost jednotlivých znaků bude alespoň 20 cm. Jednotlivé časy se budou na displeji pravidelně střídát. Napájení displeje bude ze sítě a požadované napětí bude vytvářeno pomocí interního zdroje. Komunikace s mikrokontrolerem bude probíhat pomocí I<sup>2</sup>C sběrnice.

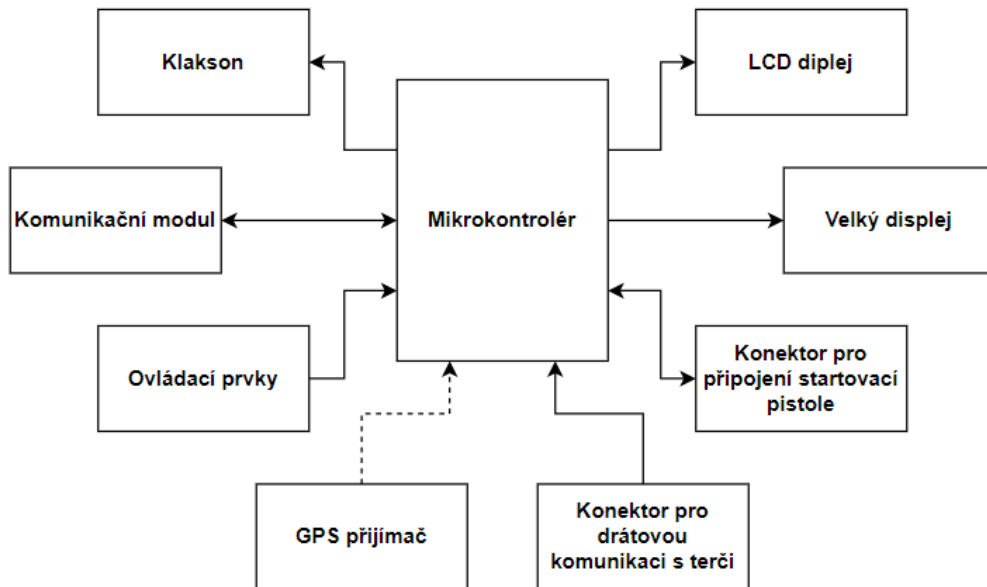
V zobrazovači bude IO expandér, který převede přijatý sériový signál znovu na paralelní a přes tranzistorový spínač spustí požadované segmenty displeje.



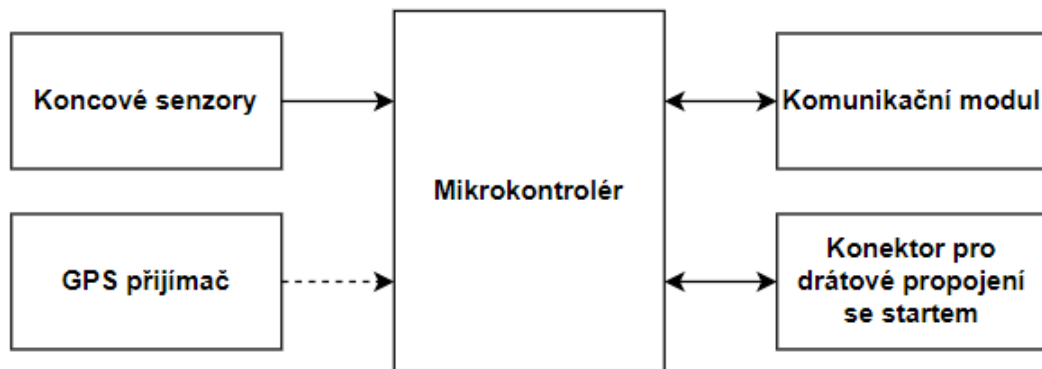
Obrázek 16: Navrhované blokové schéma velkého zobrazovače

## 4.7 Bloková schémata navrženého zařízení

Pro obě schémata platí, že GPS přijímač bude obsažen pouze v případě synchronizace času pomocí GPS signálu.



Obrázek 17: Blokové schéma navrhovaného startovacího zařízení



Obrázek 18: Blokové schéma navrhovaného cílového zařízení

## 5. REALIZACE ČASOMÍRY

Celé zařízení se skládá ze dvou částí. Zařízení na startu, pomocí kterého dochází k ovládní časomíry, zobrazení výsledného času a řízení velkého zobrazovače. Zařízení u terčů se stará o sledování stavu terčů a odesílá potřebná data na start, kde jsou vyhodnocována.

### 5.1 Napájení

Požadavek na časomíru je, aby bylo možno jí používat i v místech, kde není možnost se připojit do elektrické sítě, proto jsou obě zařízení vybaveny bateriemi.

#### 5.1.1 Li-pol baterie

Jako baterie byly vybrány Lithium-polymerové akumulátory. Konkrétně model s jmenovitým napětím 3,7 V a kapacitou 1200 mAh. Tento model byl vybrán empirickým testováním, kdy bude časomíra využívána maximálně po dobu několika hodin a s těmito bateriemi tohoto času dosahuje. Další výhodou je ochranný obvod, který zabrání přebití a zkratu baterie. Byly využity dvě baterie zapojené do série čímž dosahujeme dostatečně vysokého napětí pro potřeby obvodu.[31]



Obrázek 19: Lithium-polymerový akumulátor[31]

#### 5.1.2 Nabíjení baterií

Pro bezpečné nabíjení a prodloužení životnosti Lithium-polymerové baterie je nutné přivádět na svorky baterie požadovaný časový průběh napětí. Nejprve je doporučováno nízkým proudem, například 0,1C, zvednout napětí na baterii, tak aby se nenacházela v hlubokém podbití. Následuje fáze nabíjení konstantním proudem, kdy pro maximalizaci životnosti baterie je využíván proud 1C. V této části dochází k rychlému nárůstu napětí na baterii. V poslední fázi je na baterii přivedeno konstantní napětí, na které se má baterie nabít.



Tohoto průběhu je v obvodu dosahováno pomocí integrovaného obvodu MCP73844-840I/MS, který je navržen pro nabíjení dvou sériově zapojených akumulátorů na napětí 8,4 V. Tento integrovaný obvod je zapojen podle schématu na obrázku 20: Schéma nabíjecího obvodu. Kde odpor  $R_3$  slouží pro snímání proudu tekoucího do akumulátoru, jeho velikost byla určena pomocí vzorce:

$$R_3 = \frac{V_{FCS}}{I_{REG}} = \frac{0,11}{1,2} = 91,7 \text{ m}\Omega \quad (3)$$

Kde  $I_{REG}$  byl určen z určeného nabíjecího poměru 1C a  $V_{FCS}$  je napětí které bude obvod udržovat na odporu  $R_3$ . Vzhledem k dostupnosti takto malých odporů, byl zvolen odpor o velikosti 91 m $\Omega$ . [32]

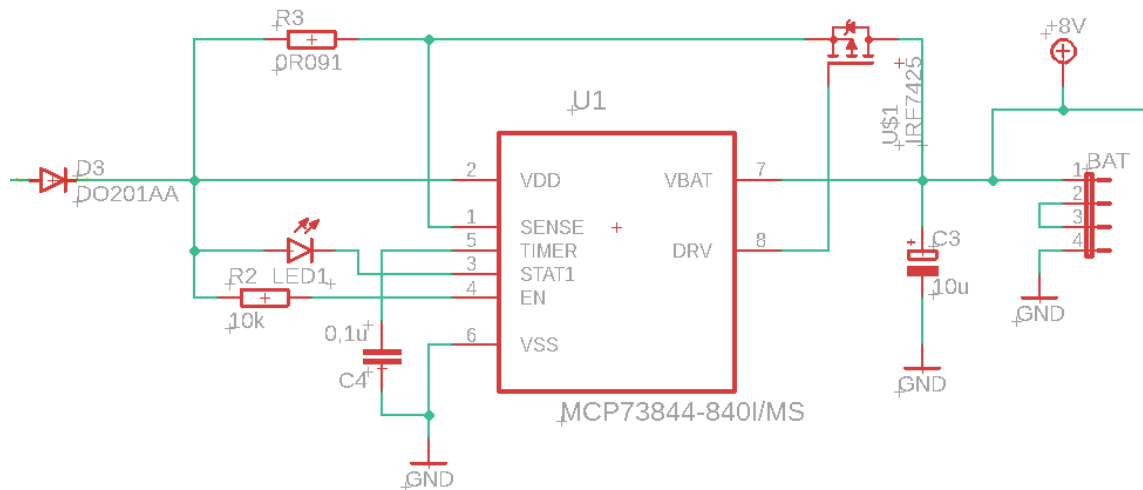
Kondenzátor  $C_4$  nastavuje časovač obvodu, který řídí dobu nabíjení. Jeho výpočet se provádí pomocí vzorce:

$$t_{Fast} = \frac{C_4}{0,1\mu F} \cdot 1,5h \quad (4)$$

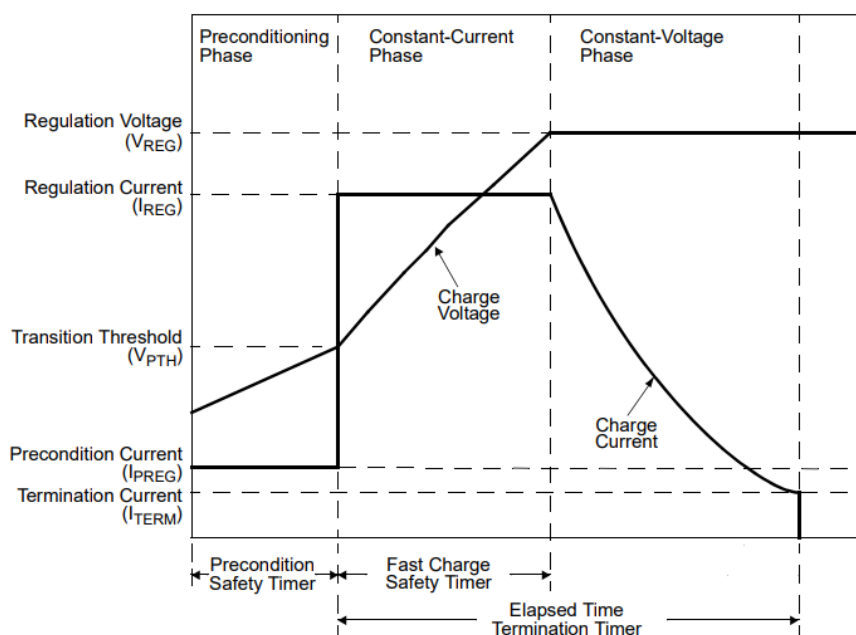
Teoreticky se baterie proudem 1C nabije za 1 hodinu, proto volíme pro kondenzátor  $C_4$  hodnotu 0,1  $\mu F$ , kdy poměr dosáhne jedné a časovač bude nastaven na hodnotu 90 minut, což je dostatečný čas pro nabití baterie.

Samotné řízení proudu do baterie probíhá pomocí unipolárního PMOS tranzistoru IRF7425, který byl vybrán na základě doporučení z datasheetu. [32]

V obvodu se dále nachází signalizační LED dioda, rezistor  $R_2$ , který slouží pro limitaci proudu jdoucího do vstupu pro spuštění obvodu po připojení napájecího napětí a výstupní kondenzátor  $C_3$  sloužící pro zabránění záskmitů na výstupu obvodu.



Obrázek 20: Schéma nabíjecího obvodu



Obrázek 21: Průběh nabíjení akumulátoru[32]

Nabíjecí obvod je nutno podle datasheetu napájet napětím o velikosti  $U_{REG} + 1$ , tedy 9,4 V. O to se stará nastavitelný stabilizátor napětí na vstupu zařízení, který převádí vstupních 12 V na požadovanou hodnotu. Stabilizátor LM350 je zapojen podle obrázku 22: Schéma vstupního stabilizátoru, kdy výstupní napětí je nastaveno pomocí rezistorů  $R_6$  a  $R_8$ , jejichž velikost je vypočítaná podle vzorce:

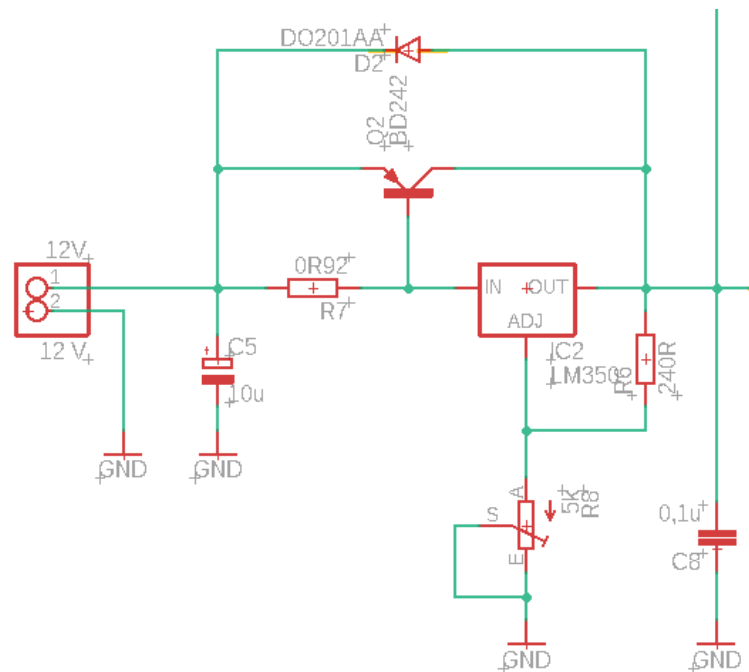
$$U_{out} = 1,25 V \cdot \frac{R_8}{R_6} \quad (5)$$

Odpor  $R_6$  je určen datasheetem na 240  $\Omega$  a dosazením mezních hodnot do  $R_8$  bylo určeno že termistor s rozsahem 0 až 5000  $\Omega$  bude pro nastavení napětí ideální.[33]

Stabilizátor byl dále posílněn paralelním tranzistorem, tak aby na stabilizátoru nebyly tak velké tepelné ztráty. Jakmile protéká odporem  $R_7$  dostatečně velký proud, aby na něm vznikl úbytek napětí 0,7 V, dojde k otevření tranzistoru a přemostění stabilizátoru. Podle vzorce 6 k tomu dojde zhruba v polovině maximálního napájecího proudu.

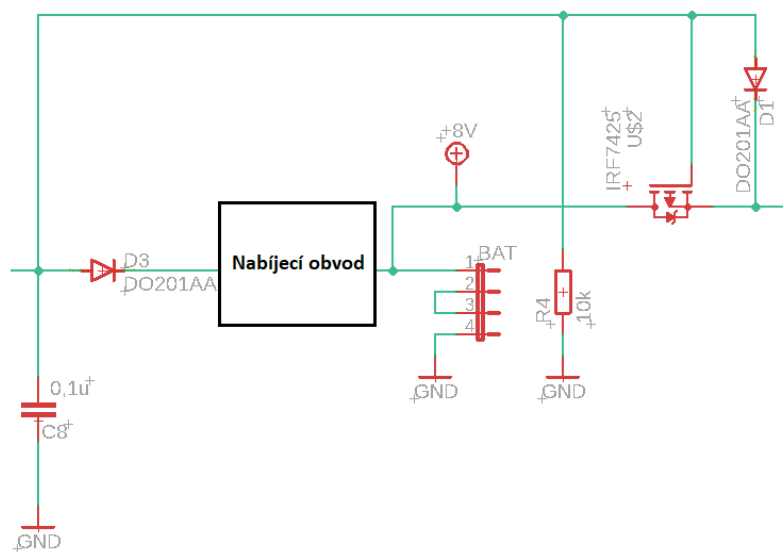
$$I = \frac{U_{B-E}}{R_7} = \frac{0,7}{0,92} = 760,9 mA \quad (6)$$

Dále obvod obsahuje ochranou diodu a kondenzátory  $C_5$  a  $C_8$  které vyhlazují stabilizované napětí a zabraňují záskmitům.



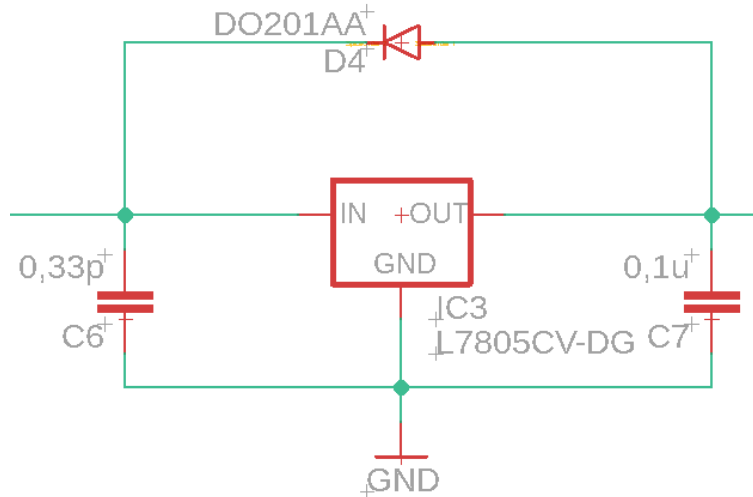
Obrázek 22: Schéma vstupního stabilizátoru

Další požadavek na zařízení je možnost nabíjet baterie i během běhu zařízení. Jelikož ale odběr do samotné časomíry by narušoval nabíjecí cyklus, musí být baterie během nabíjení přemostěna. Toho je dosaženo pomocí obvodu na obrázku 23: Schéma přemostění baterie. Unipolární tranzistor PMOS, ve schématu označený jako  $U_2$ , je v případě odpojeného vnějšího napájení otevřený a zařízení je napájeno z baterií, pokud dojde k připojení vnějšího napětí, dojde k přivedení kladného napětí na gate tranzistoru  $U_2$  a jeho uzavření. Skrze diodu  $D_1$  poté bude zařízení napájeno z externího zdroje.[34]



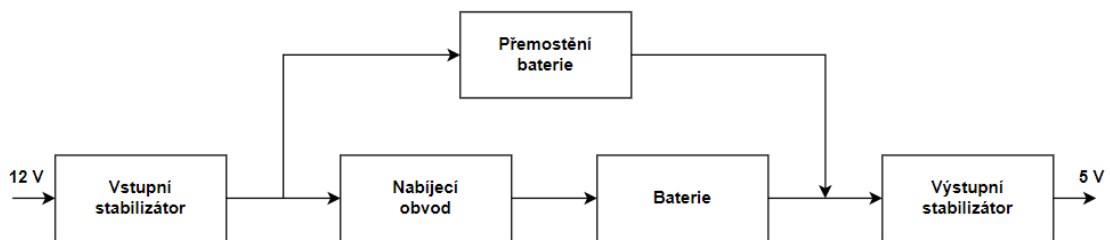
Obrázek 23: Schéma přemostění baterie

O nastavení napětí na hodnotu požadovanou mikrokontrolerem a zbytkem obvodu se stará výstupní stabilizátor na 5 V. Jeho zapojení je zobrazeno na obrázku 24: Schéma výstupního stabilizátoru a obsahuje pouze stabilizátor L7805CV-DG, ochranou diodu a kondenzátory zabraňující rozkmitání obvodu a vyhlazující výstupní napětí. [35]



Obrázek 24: Schéma výstupního stabilizátoru

Celý napájecí obvod je pak sestaven podle blokového schématu na obrázku 25.



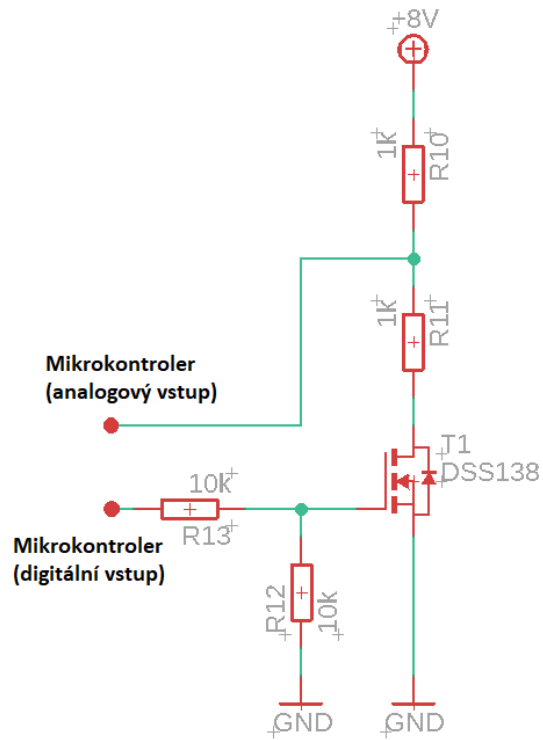
Obrázek 25: Blokové schéma napájecího obvodu

### 5.1.3 Kontrola kapacity baterií

Pro potřeby sledování aktuální kapacity baterie, byl navržen obvod na obrázku 26. Jelikož napětí na bateriích se pohybuje kolem 8 V je třeba měřené napětí snížit, tak aby nedošlo k poškození AD převodníku. Toho je zde dosaženo pomocí napěťového děliče tvořeného z odporů  $R_{10}$  a  $R_{11}$ . Tímto děličem by však neustále protékal proud a snižoval by tak kapacitu baterie, proto je zde ještě unipolární tranzistor. Ten slouží pro připojení země k děliči pouze v případě, kdy dochází k měření baterie a tím snižuje spotřebu. [36]

Pokud se uživatel rozhodne změřit kapacitu baterií, dojde na krátkou dobu k přivedení kladného napětí na gate tranzistoru. Rezistor  $R_{13}$  slouží na limitaci proudu z mikrokontroleru, tak aby nedošlo k překonání maximálního proudu na pin. Rezistor  $R_{12}$  slouží pro odvod náboje z gate tranzistoru tak, aby se urychlilo jeho uzavření. Unipolární tranzistor zde byl použit pro snížení chyby vlivem saturačního napětí na přechodu drain

source. Během sepnutí tranzistoru, dojde k přečtení hodnoty napětí na děliči pomocí AD převodníku integrovaného v mikrokontroleru. Tato hodnota je pak v mikrokontroleru přepočítána na přibližnou aktuální hodnotu kapacity baterie.



Obrázek 26: Schéma obvodu pro měření kapacity baterií

## 5.2 Mikrokontroler

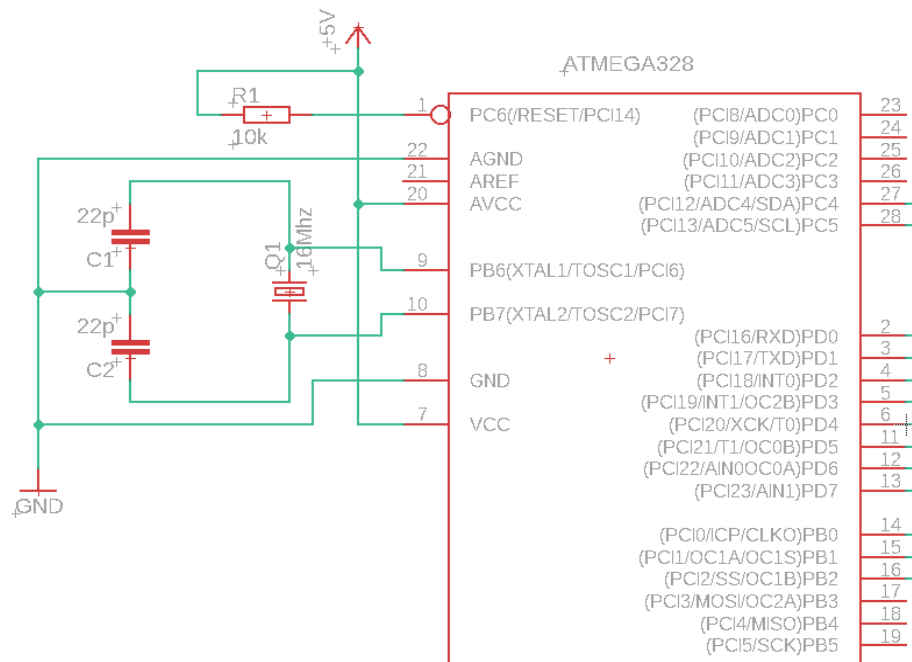
Mikrokontroler je srdcem celého zařízení. Vzhledem k množství zkušeností byl vybrán mikrokontroler ATMEGA328P-PU a jako programátor bylo využíváno Arduino UNO. [37]

### 5.2.1 ATmega238P-PU

Tabulka 1: Vlastnosti mikrokontroleru ATmega238P-PU [37]

Počet IO pinů	23
Procesor	8 bit
Rychlost procesoru	20 MHz
Flash paměť	32 KB
EEPROM	1 KB
RAM	2 KB
Napájecí napětí	1,8 – 5,5 V
Spotřeba	0,2 mA

Tento mikrokontroler také umožňuje využívat SPI, I<sup>2</sup>C a UART sběrnice. Dále obsahuje dva 8-bitové a jeden 16-bitový čítač. Mikrokontroler je taktě vybaven AD převodníkem. Zapojujeme ho podle obrázku 27: Schéma zapojení mikrokontroleru, kdy na piny 9 a 10 přivádíme přesný externí oscilátor. Piny 8 a 7 slouží pro napájení mikrokontroleru a piny 20 a 22 slouží pro napájení AD převodníku.[37]



Obrázek 27: Schéma zapojení mikrokontroleru

## 5.3 Řešení bezdrátové komunikace

Původní myšlenka byla navrhnout si vlastní komunikační modul, avšak s přihlédnutím na cenu a časovou náročnost bylo rozhodnuto o vybrání vhodného volně prodejného modulu a jeho následné úpravě pro vlastní použití.

Bylo vyzkoušeno několik modulů, které deklarovali dosah komunikace na požadovaných 100 m, ale žádný se v praxi neosvědčil a dosah byl mnohdy pouze 20 % z udávané hodnoty. Byl proto zvolen modul HC-12 který má deklarovaný dosah daleko větší než požadovaných 100 m. [38]

### 5.3.1 Modul HC-12

Reálný dosah je i v tomto případě nižší, a to zhruba 200 m, to však pro účely hasičského sportu vyhovuje. Zároveň spotřeba může během přenosu dat špičkově stoupnout až na 200 mA. Výhodou tohoto modulu je možnost přenosu dat oběma směry.[38]



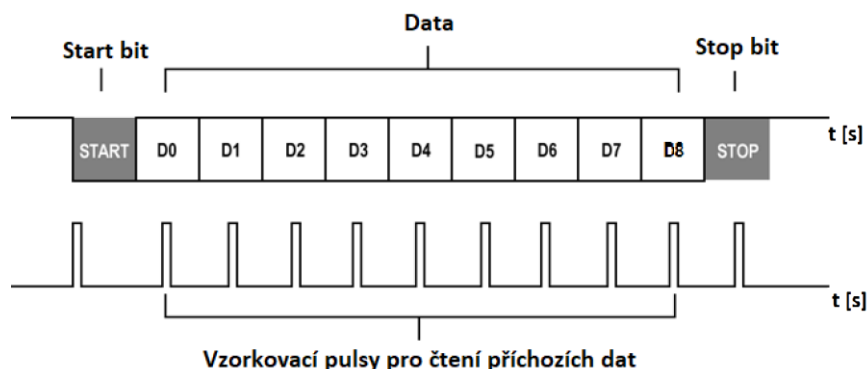
Obrázek 28: Modul HC-12

Tabulka 2: Vlastnosti modulu HC-12 [38]

Deklarovaný dosah	600-1000 m
Spotřeba	16 mA
Napájecí napětí	3,2 – 5,5 V
Kmitočtový rozsah	433,4 - 473,0 MHz
Přenosová rychlost	5000 bps

### 5.3.2 Princip komunikace UART

Modul s mikrokontrolerem komunikuje pomocí sběrnice UART. UART je asynchronní sériová komunikace. Jelikož je komunikace asynchronní nedochází k přenosu hodinového signálu, z toho důvodu je třeba periodicky využívat synchronizační signály, takzvané start a stop bity. Mezi těmito synchronizacemi dochází k přenosu dat, typicky 8 bitů. Na obrázku 29: Princip přenosu dat sběrnici UART je naznačen průběh komunikace. Pokud by docházelo k přenosu více bitů mezi synchronizačními bity, mohlo by dojít vlivem nepřesnostmi mezi vzorkovacími kmitočty zdroje dat a přijímače k chybám přenášené informace.[39]



Obrázek 29: Princip přenosu dat sběrnicí UART

Z 8 bitů dosáhneme hodnoty maximálně 255, to tedy znamená že musí dojít k postupnému přenosu informace z vysílače do přijímače. Pro potřeby časoměry bylo využito vlastností ascii tabulky, která obsahuje 256 znaků, kdy pro různé druhy dat byla vybrána různá sada znaků. Například byly využity znaky A až J, které v dekadické hodnotě odpovídají číslům 65 až 74. Přenášená informace (dekadická hodnota času) je následně převedena na sadu znaků, které jsou postupně odvysílány na přijímač. V přijímači se pomocí výpočtu získá z přijatých znaků původní informace.

Tabulka 3: Příklad přenosu dat

Přenášená informace	Jednotlivé řády přepočítané na znaky	Odesílané slovo	Přijatá informace	Výsledná přijatá data
159	66; 70; 74	BFJ	66; 70; 74	159

## 5.4 Řešení synchronizace času

Jak bylo již řečeno v kapitole 2.1.3, tak aby byla bezdrátová časomíra zbavená chyb způsobených přenosem, musí se jak na startu, tak u terčů nacházet synchronizované hodiny. V kapitole 4.3 byly představeny možnosti, jak synchronizace dosáhnout. Pro toto zařízení byla zvolena synchronizace pomocí GPS signálu, a to zejména díky tomu že se časomíra pomocí přesných PPS signálů automaticky kalibruje.

### 5.4.1 GPS modul NEO-6M

NEO-6M je integrovaný čip používající se pro měření polohy na povrchu země pomocí systému GPS, zároveň obsahuje možnost přijímat PPS signál. Původně bylo zamýšleno využít pouze samotný čip, avšak ukázalo se, že samotný čip se v České republice prodává za čtyřnásobek oproti modulovému řešení. Jelikož se čip vyrábí v pouzdru PLCC, je jeho odpájení z modulu značně náročné a jeho poškození při tomto procesu velmi pravděpodobné, bylo proto rozhodnuto o využití modulové verze. [40]



Tabulka 4: Vlastnosti modulu NEO-6M [40]

Napájecí napětí	3,3 – 5 V
Maximální spotřeba	67 mA
Deklarovaná doba fixace na satelit	27 s
Přesnost časových pulzů PPS	<60 ns

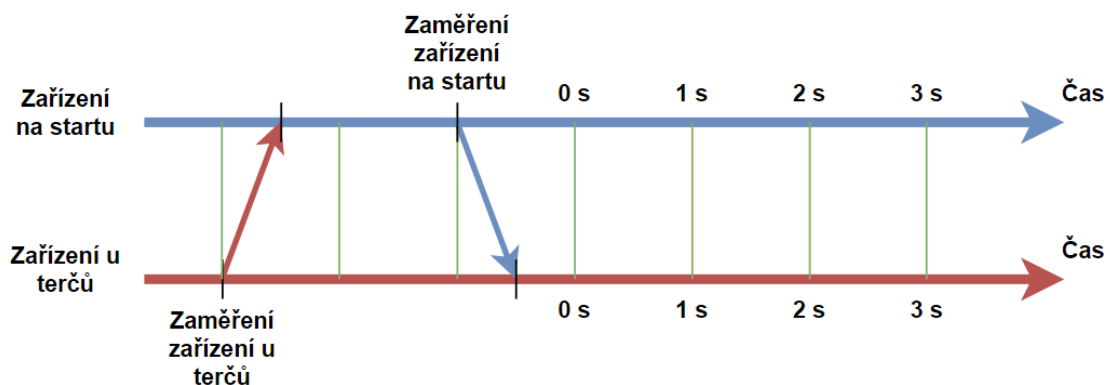


Obrázek 30: NEO-6M [40]

#### 5.4.2 Princip synchronizace

Signály PPS pouze značí začátek každé vteřiny, musí proto na začátku proběhnout inicializace zařízení, při které si zařízení na startu a u terčů vymění informace, tak aby počítaly od stejné vteřiny.

Toho je dosaženo pomocí inicializační funkce, která se spustí po zapnutí zařízení. Zařízení, které se na satelit zaměří dříve, pošle do druhého zařízení zprávu, která tomuto zařízení oznámí, že druhé zařízení je již zaměřeno. Jakmile dojde k zaměření i druhého zařízení, dojde další sekundu k odeslání zprávy zpět a na další sekundu dojde k zapsání stejné sekundy do obou zařízení.



Obrázek 31: Princip inicializace a synchronizace obou zařízení

Pro ověření úspěšnosti inicializace je na obou zařízeních umístěna kontrolní dioda, která se na každou sekundu dělitelnou deseti rozsvítí. Pokud se obě diody aktivují zároveň můžeme o synchronizaci říci, že proběhla v pořádku.

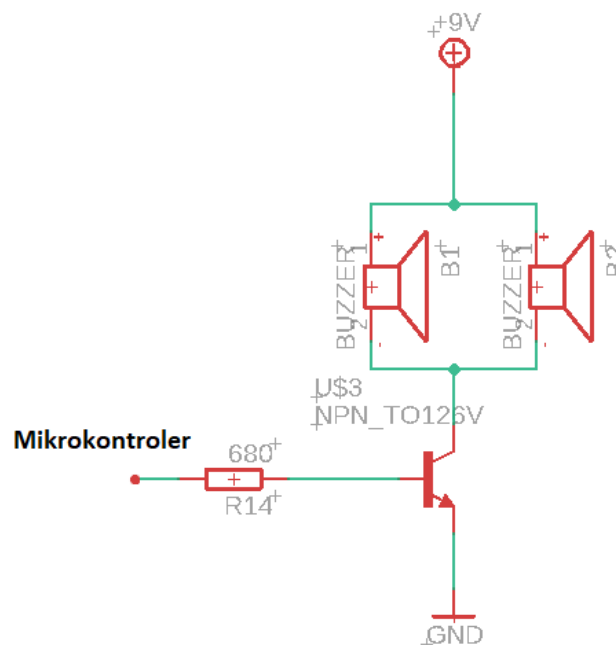
Dalším problémem by mohl být výpadek signálu ze satelitu, kdy by došlo k zpoždění jednoho zařízení. Tomu se předchází kontrolou doby mezi jednotlivými PPS signály. Pokud je tato doba delší než 1 vteřina přičteme při příštím PPS signálu naměřený počet sekund. Problém by mohl nastat, pokud by došlo k výpadku na delší dobu, avšak čip NEO-6M je poměrně robustní a dokáže přijímat signál i během přesunu či uzavření v krabici. Výpadek, na dobu, který by už byl pro měření problém, je tak nepravděpodobný.

## 5.5 Startování

Zařízení je vybaveno třemi možnostmi spuštění měření času. Jeden z nich využívá startovací pistole, v tomto případě je zvuk značící start vytvořen pomocí pistole. Další dvě možnosti, tedy automatický a manuální start využívají piezoelektrický bzučák. Tento Bzučák funguje na základě piezoelektrického jevu, který se projevuje u některých krystalů. V tomto případě dochází vlivem přivedeného napětí k změnám objemu tohoto krystalu a vytvořený mechanický pohyb je pomocí membrány převeden na zvuk. [41]

Bzučák je řízený mikrokontrolerem a spínáný pomocí bipolárního tranzistoru. Zapojení spínače je na obrázku 32: Schéma spínače bzučáků. Odpor  $R_{14}$  slouží pro nastavení proudu do báze tranzistoru, podle vzorce (7). Tento proud je dostačující pro uvedení tranzistoru do saturace. [42]

$$I_B = \frac{U - U_{B-E}}{R_{14}} = \frac{5 - 0,7}{680} = 6,3 \text{ mA} \quad (7)$$



Obrázek 32: Schéma spínače bzučáků

## **5.6 Realizace DPS**

Desky byly navrhovány v programu EAGLE. O jejich výrobu se postarala firma JLCPCB, která spolu s výrobou provedla i testování desky na případně chyby z výroby. Dodání bylo rychlé a desky velmi kvalitní. Osazení proběhlo ručně pomocí mikropájky.  
[42]

## 6. ŘEŠENÍ VELKÉHO ZOBRAZOVAČE

Požadavky na displej a návrh jeho řešení byl popsán v kapitole 4.6. V této kapitole byla navrhovaná komunikace mezi časomírou a displejem pomocí sériové sběrnice I<sup>2</sup>C, avšak po sérii testů byla tato možnost zavrhnuta, z důvodu nefunkčnosti na větší vzdálenosti, jelikož jeden z požadavků je alespoň 3metrová vzdálenost displeje od časomíry. Z tohoto důvodu byla vybrána komunikace pomocí sběrnici UART, která může být využívána pro komunikaci na velké vzdálenosti. Ostatní části displeje byly zhotoveny podle návrhu v kapitole 4.6.

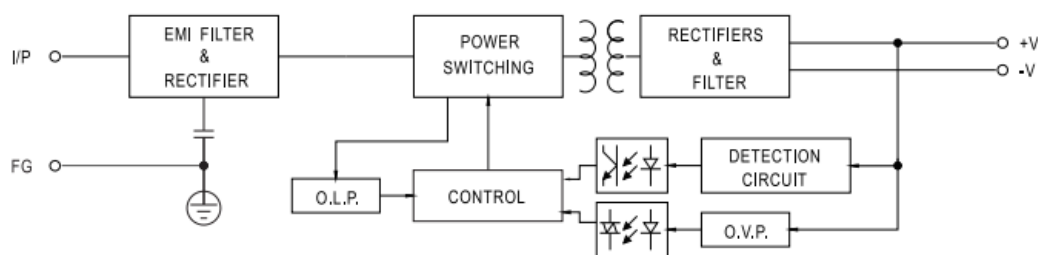
### 6.1 Napájení

Celý displej je napájen z veřejné sítě napětím 230 V. O převod na požadovaných 12 V se stará spínaný napájecí zdroj MEAN WELL EPS-65-12. [44]

Tabulka 5: Vlastnosti spínaného napájecího zdroje MEAN WELL EPS-65-12 [44]

Vstupní napětí	230 V
Výstupní napětí	12 V
Výstupní proud	0–6 A
Výstupní výkon	65,04 W
Účinnost	86 %

Spínané zdroje fungují na principu, kdy transformace napětí při vyšších kmitočtech je efektivnější a vyžaduje proto menší transformátor. Vstupní napětí je nejprve usměrněno a následně opět rozkmitáno na daleko vyšší frekvenci. Takto upravené napětí je možno efektivně transformovat pomocí transformátoru na požadovanou velikost napětí, které je následně usměrněno a vyhlazeno pomocí výstupního filtru. Nevýhodou takovýchto zdrojů pak je větší komplexnost a vyšší cena.



Obrázek 33: Blokové schéma spínaného zdroje MEAN WELL EPS-65-12 [44]

Napětí pro mikrokontroler a další součástky je vytvářené stejně jako v samotné časomíře pomocí stabilizátoru napětí, zapojeném podle obrázku 24. V tomto případě, avšak dochází, vlivem většího napětí na stabilizátoru, k větším tepelným ztrátám, z toho důvodu byl na stabilizátor umístěn chladič.

## 6.2 Komunikace s časomírou

Komunikace displeje s časomírou probíhá pomocí sběrnice UART, a to stejným principem jako bezdrátová komunikace jednotlivých částí časomíry, která byla vysvětlena v kapitole 5.3.2.

## 6.3 Řízení segmentů displeje

Tak jak je rozhodnuto v kapitole 4.6 se displej skládá z 5 sedmi segmentových znaků, tak jak je to naznačeno na obrázku 34. Jednotlivé segmenty jsou tvořené 10 centimetrů dlouhými kusy led pásků. Levý znak je tvořen modrým led páskem a zbytek znaků červeným. Pro tento účel byly zvoleny led pásky od firmy Led Solution. [45]

Tabulka 6: Vlastnosti led pásku [45]

Napájecí napětí	12 V
Spotřeba	12 W/m
Svítivost	1280 lm
Počet led na metr	60



Obrázek 34: Rozmístění segmentů v displeji

Zobrazovač obsahuje mikrokontroler ATMEGA328P-PU, který se stará o komunikaci s časomírou a dává instrukce jednotlivým znakům. Jelikož však tento mikrokontroler obsahuje pouze 23 IO pinů a na displeji se nachází 35 segmentů, musí dojít ke zvýšení počtu výstupů mikrokontroleru. Toho bylo dosaženo pomocí I<sup>2</sup>C expandéru. [37]

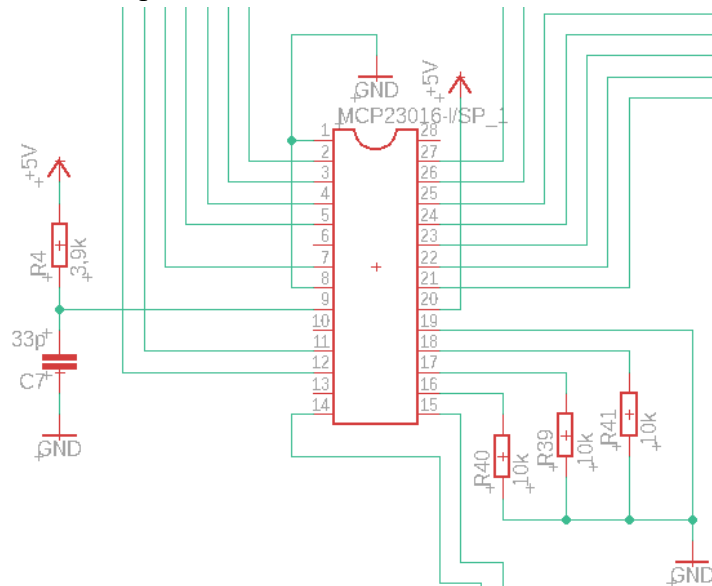
### 6.3.1 I<sup>2</sup>C expandér

Pro potřeby zobrazovače byl vybrán expandér MCP23016. Tento expandér využívá sběrnice I<sup>2</sup>C pro řízení svých výstupních pinů. Na jednu sběrnici může být připojeno až 8 expandérů. [46]

Tabulka 7: Vlastnosti IO expandéru MCP23016 [46]

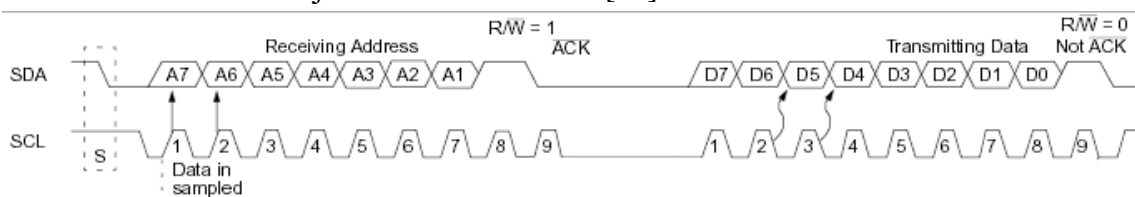
Napájecí napětí	2-5,5 V
Počet IO pinů	16
Maximální proud skrz pin	25 mA
Maximální vstupní proud	250 mA

Součástka byla zapojena podle schématu na obrázku 36. V případě tohoto displeje je využito dvou expandérů. Můžeme vidět že piny 16, 17 a 18 slouží pro nastavení adresy expandéru. Dále musí být pro správnou funkci, podle datasheetu, na pin 9 připojen odpor a kondenzátor, které slouží jako časovač. Piny 14 a 15 slouží pro propojení I<sup>2</sup>C sběrnice mikrokontroleru a obou expandérů.



Obrázek 35: Schéma zapojení IO expandéru

I<sup>2</sup>C je synchronní sériový způsob přenosu informací. Komunikace probíhá mezi jedním zařízením master a několika zařízeními slave, pouze pomocí dvou vodičů, kdy jeden přenáší čas a druhý data. Nejprve dojde k vyslání signálu, který spustí komunikaci. Následně se přeneše sedmibitová adresa, která zpřístupní komunikaci mastera s jedním zařízením slave. Slave potvrdí navázání spojení pomocí ACK bitu a poté dojde k přenosu informací. Komunikace je následně ukončena. [47]



Obrázek 36: Princip komunikace I<sup>2</sup>C sběrnice [47]

### 6.3.2 Spínání segmentů

Spínání jednotlivých segmentů probíhá pomocí bipolárních tranzistorů. Zapojení spínače můžeme vidět na obrázku 37. Těchto obvodů se v zařízení nachází 35, tedy pro každý segment jeden. Jako tranzistor byl vybrán NPN model BD139. [42]

Tabulka 8: Vybrané vlastnosti tranzistoru BD139 [42]

$h_{fe}$	40–250
$V_{C-E(sat)}$	0,5 V
$I_{Cmax}$	1,5 A

Z délky a výkonu led pásku si můžeme podle rovnice (8) určit proud  $I_C$ .

$$I_C = \frac{P}{U_P} = \frac{P_{1m}}{U_P} = \frac{12}{12} = 100 \text{ mA} \quad (8)$$

Kde  $U_P$  je napětí na led pásku, kdy zanedbáme saturační napětí na tranzistoru a  $P_{1m}$  je výkon jednoho metru led pásku.

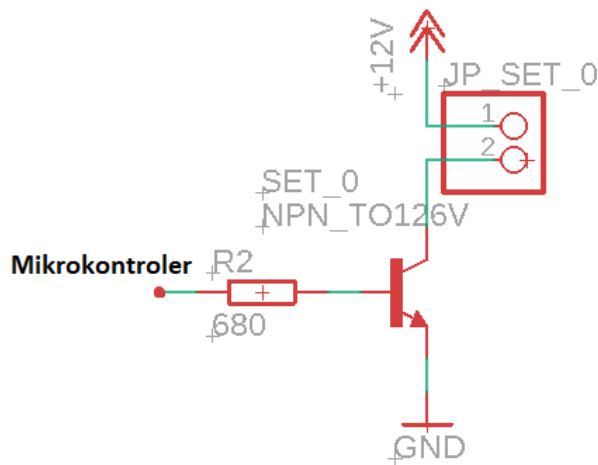
Dále byl určen potřebný proud do báze.

$$I_B = \frac{I_C}{h_{fe}} = \frac{100 \cdot 10^{-3}}{40} = 2,5 \text{ mA} \quad (9)$$

Zde  $h_{fe}$  představuje proudový zesilovací činitel. Aby byl tranzistor zaručeně v saturaci, zvyšujeme proud do báze třikrát. Nakonec byl vypočítán rezistor  $R_2$ .

$$R_2 = \frac{U}{3 \cdot I_B} = \frac{U_\mu - U_{B-E}}{3 \cdot I_B} = \frac{5 - 0,7}{3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = 573,3 \Omega \quad (10)$$

V této rovnici představuje  $U_\mu$  napětí mikrokontroleru či expandéru a  $U_{B-E}$  je napětí mezi bází a emitorem tranzistoru. Z řady E12 byl vybrán rezistor s hodnotou 680  $\Omega$ .



Obrázek 37: Zapojení tranzistorového spínače pro led segmenty

Znak určující mikrosekundy je připojený rovnou na mikrokontroler pro snížení množství dat přenášených I<sup>2</sup>C sběrnici. Každý expandér potom ovládá po dvou znacích.

## 6.4 Princip zobrazování informace

Jelikož je takto velký displej určen pouze pro soutěžní použití bude s ním časomíra komunikovat pouze v drátových módech. V takovém případě dojde po připojení napájecího napětí k zobrazení nul na displeji. Jakmile dojde ke startu odešle časomíra signál a displej začne počítat a zobrazovat čas do 60 sekund. Jakmile přijde z časomíry údaj o dosažených časech, dojde k zobrazení konečného času útoku (pomalejší terč). Po deseti sekundách se zobrazí i rychlejší terč a následně se budou oba časy periodicky střídát. V obou případech dojde k zobrazení na modrém segmentu, zda se jedná o pravý či levý terč.

## 6.5 Realizace DPS a nosné bedny

Desky byly navrhovány v programu EAGLE. O jejich výrobu se postarala firma JLCPCB, která spolu s výrobou provedla i testování desky na případné chyby z výroby. Dodání bylo rychlé a desky velmi kvalitní. Osazení proběhlo ručně pomocí mikropájky. [43]

Nosná bedna byla vyrobena z hliníkových profilů, mezi které byl přišroubován hliníkový plech. Tento plech tvoří podklad, na který jsou nalepené jednotlivé led pásy. Přední strana je překryta plexisklem a zadní obsahuje bednu s elektronikou a zadní krycí plech. [48][49]



## 7. MANUÁL A VLASTNOSTI ZAŘÍZENÍ

### 7.1 Měřicí módy

Pro výběr módu slouží červené tlačítko, po jehož stisku dojde k zobrazení následujícího módu na displej. Po vybrání požadovaného módu, dojde po 3 vteřinách k automatickému nastavení časoměry do vybraného módu.

#### 7.1.1 Bezdrátový mód s automatickým startem

Do tohoto módu je zařízení defaultně nastaveno. Po zapnutí zařízení na startu a u terčů dojde k synchronizaci hodin, to může trvat zhruba minutu. Po dokončení synchronizace dojde k potvrzení procesu na LCD displeji. Přesnost synchronizace může být opticky ověřena pomocí vnější ledky na obou zařízeních. Ta blikne vždy jednou za 10 sekund, pokud bliká ve stejnou dobu je zařízení synchronizováno, pokud ne vypnutím a zapnutím jednoho zařízení se proces opakuje.

Start probíhá pomocí zeleného tlačítka, kdy po jeho stisku dojde k spuštění sekvence, která nejprve několik sekund počká, tak aby se všichni připravili na start a následně proběhnou pomocí bzučáku signály značící “PŘIPRAVIT“, “POZOR“ a “START“. Před posledním startovacím signálem je časová prodleva náhodná.

Pro další startovací sekvenci stačí tlačítko startu znovu stisknout a dojde k zápisu nového času startu.

Po dokončení pokusu dojde k zobrazení času na LCD displej. Pokud by nedošlo k odeslání času, může být žluté tlačítko použito pro vyslání žádosti o opětovné poslání času sražení terčů.

Pokud by došlo ke sražení pouze jednoho terče je doporučeno srazit i druhý, například ručně, pro předejití chyby s promícháním terčů. Zároveň po sražení terčů začíná minutu dlouhá ochranná lhůta, která brání v zápisu nového času.

#### 7.1.2 Bezdrátový mód s manuálním startem

Tento mód funguje stejně jako předešlý, až na to že čas startu se zapíše ihned, se stiskem zeleného startovacího tlačítka. Zároveň dojde spolu se stiskem tlačítka, k aktivaci bzučáku.

#### 7.1.3 Bezdrátový mód se startem pomocí externí pistole

Tento mód funguje jako předchozí dva až na změnu startu, kdy je k zelenému startovacímu tlačítku paralelně připojena startovací pistole, která s výstřelem zapíše čas startu.

#### 7.1.4 Drátový mód s manuálním startem

Drátový mód je určený pro soutěžní účely. Pro nemalou část dobrovolných hasičů je

bezdrátová komunikace zbytečným rizikem a na soutěž kde je vyžadována stoprocentní spolehlivost nepřináší žádnou výhodu, spíše naopak.

V tomto režimu je zařízení na startu propojeno vodičem se zařízením u terčů. Zařízení u terčů v tomto případě funguje pouze jako rozdvojka a nemusí být tak zapnuté. Časomíra je zároveň připravena pro komunikaci s velkým zobrazovačem, který po stratu začne počítat čas a po ukončení pokusu zobrazí výsledný čas.

V tomto módu je start zahájen zeleným tlačítkem spolu s kterým dojde k vydání zvuku pomocí bzučáku. Zároveň se spustí odpočet na velkém displeji. Pro resetování útoku je potřeba znovu zmáčknout tlačítko startu. V tomto případě dojde k vynulování displeje a času startu.

#### **7.1.5 Drátový mód se startem pomocí externí pistole**

Tento mód funguje stejně jako předchozí až na start, který je řešený pomocí paralelně řazené startovací pistole k zelenému startovacímu tlačítku. Čas startu je zapsán spolu s výstřelem z pistole.

#### **7.1.6 Čtení kapacity baterie**

Pokud dojde k vybrání módu baterie, dojde k přečtení hodnoty napětí na baterii a vypsání této hodnoty, v procentech, na malý displej. Mód, který byl vybrán před čtením baterie, zůstane vybraný.

#### **7.1.7 Nabíjení**

Nabíjení zařízení obsahující baterii probíhá pomocí 12 V externího zdroje. Konektor sloužící pro tento účel je na zařízení u terčů umístěn uvnitř, tak aby se co nejvíce zamezilo vniknutí vody k elektronice. Červená LED dioda signalizuje nabíjení baterií, jakmile zhasne, bylo nabíjení dokončeno.

## 8. ZÁVĚR

V části, která se zabývá rešerší byly popsány nejzajímavější volně prodejné časomíry. Žádná z těchto časomír se základně neprodává v bezdrátové verzi, avšak výrobci se snaží vyhovět novým trendům a navrhují možnosti úpravy časomíry na bezdrátovou verzi. Tato řešení bývají velmi drahá a podle popisu těchto zařízení nedochází k ošetření problémů s bezdrátovou komunikací. Navíc jsou všechna zařízení odkázána na externí napájení, což je další poměrně velký nedostatek.

V další části jsou popsány vlastnosti navrhované časomíry. Navrhované zařízení by mělo být schopné bezpečné bezdrátové komunikace s terčí, či cílovými senzory. Zároveň by však zařízení mělo mít možnost fungovat klasicky, tedy posílat data z cíle na start pomocí vodiče. Zařízení by mělo obsahovat funkci automatického startu i konektor pro startovací pistoli. Napájení bude řešeno pomocí integrovaných baterií. Časomíra bude mít malý displej pro tréninkové účely a velký externí displej s dostatečně velkými znaky pro soutěžní účely. Požadované vlastnosti jsem určil z vlastních zkušeností a pomocí konzultací s ostatními dobrovolnými hasiči.

V další části byla popsána bezdrátová komunikace a její problémy. Pro odstranění těchto problémů bylo rozhodnuto o využití dvou synchronizovaných hodin na startu a u cílových senzorů. Následující část navrhuje možnosti dálkové synchronizace těchto hodin.

Zbytek práce se zabývá návrhem a realizací časomíry podle stanovených požadavků v předchozích částech práce.

Napájení měřících částí časomíry je prováděno pomocí Lithium-polymerových baterií, kdy bylo dosaženo spolehlivého nabíjení těchto baterií i během běhu časomíry.

Zařízení může fungovat jak v bezdrátovém režimu, tak při propojení startu s cílem pomocí vodiče. Bezdrátová komunikace byla ověřena na tréninku, kdy byl měřený čas ověřován pomocí videozáznamu. V jednom případě došlo k výpadku bezdrátové komunikace, avšak zařízení bylo schopné na požadavek odeslat správný čas znovu. Drátový režim časomíry byl ověřen pomocí osciloskopu. V obou případech dosáhla časomíra požadované přesnosti a v bezdrátovém režimu splnila i požadavek na zabezpečení chyb vzniklých přenosem dat.

Zařízení může provádět tři různé druhy startu, a to automatický start, manuální start a pistolový start. V automatickém módu časomíra sama, pomocí bzučáku, provede startovací sekvenci. V manuálním módu na stisk tlačítka rozezná bzučák a spustí měření času. Poslední způsob startu může probíhat pomocí startovací pistole. Konektor pro pistoli se na zařízení nenachází, jelikož zatím pistoli nevlastním a nemám pro ni uplatnění. Avšak zařízení je softwarově připraveno na připojení startovací pistole.

Dále práce popisuje návrh a realizaci velkého zobrazovače. Jako světelné zdroje byly použity LED pásy, které se v praxi osvědčily a displej je dobře čitelný i za slunného počasí. Zároveň je displej dobře čitelný i na vzdálenosti kolem sta metrů. Displej zatím nedisponuje, z důvodu nekompletní dodávky, zadním krycím plechem, avšak jeho elektrická a softwarová část je kompletní.

## LITERATURA

- [1] GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR. Historie požárního sportu [online]. 2021 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/historie-pozarniho-sportu.aspx>
- [2] Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. *BĚH NA 100 M S PŘEKÁŽKAMI* [online]. 2021 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/discipliny-pozarniho-sportu.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [3] [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: [https://www.mrps2019.cz/wp-content/uploads/photo-gallery/imported\\_from\\_media\\_library/P-MRPS75.jpg?bwg=1567232712](https://www.mrps2019.cz/wp-content/uploads/photo-gallery/imported_from_media_library/P-MRPS75.jpg?bwg=1567232712)
- [4] GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR. *VÝSTUP DO 4. PODLAŽÍ CVIČNÉ VĚŽE* [online]. 2021 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/discipliny-pozarniho-sportu.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>
- [5] *Výstup do 4. podlaží cvičné věže* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://mape2015.webnode.cz/discipliny/vystup-do-4-podlazi-cvicne-veze/>
- [6] GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR. *ŠTAFETA 4 X 100 M S PŘEKÁŽKAMI* [online]. 2021 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/discipliny-pozarniho-sportu.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d>
- [7] HORÁK, Vítězslav. *Štafeta 4x100m s překážkami* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <http://mixovacka.funsite.cz/stafeta.html>
- [8] GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR. *POŽÁRNÍ ÚTOK* [online]. 2021 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/discipliny-pozarniho-sportu.aspx?q=Y2hudW09NQ%3d%3d>
- [9] SDH KNĚŽICE. *Požární útok* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.hasiciknezice.cz/vzdelavani/pozarni-utok/>
- [10] SDH ZIBOHLAVY. [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: [https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.sdhzibohlav.cz%2Fpozarni-sport%2F&psig=AOvVaw2NURDOfiMzWCscy1H\\_ZVtN&ust=1639326553036000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCNiyuryV3PQCFQA AAAAdAAAAABAD](https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.sdhzibohlav.cz%2Fpozarni-sport%2F&psig=AOvVaw2NURDOfiMzWCscy1H_ZVtN&ust=1639326553036000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCNiyuryV3PQCFQA AAAAdAAAAABAD)

- [11] SDH HAVÍŘOV. [online]. 25. června 2005 [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <http://v2.sdh-havirov.cz/pict/souteze/2005/okres-Orlova/12.JPG>
- [12] MEDER ELECTRONIC. *MK4 Series* [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.634-184.1.pdf>
- [13] *What is the ppm in the crystal oscillator?* [online]. 23.6.2011 [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://electronics.stackexchange.com/questions/15851/what-is-the-ppm-in-the-crystal-oscillator>
- [14] *Hodinový krystal 32.768kHz ±20ppm TC38 Fronter Q-32.768K-TC38-20-B-12.5* [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <https://www.svetsoucastek.cz/krystal-fronter-q-32-768k-tc38-20-b-12-5-p938/?cid=401>
- [15] *Jak krátký mžik je dost dlouhý?* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.osel.cz/7412-jak-kratky-mzik-je-dost-dlouhy.html>
- [16] *TRV elektronik* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.trv-kocab.cz/cs/>
- [17] TRV ELEKTRONIK. *ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT : DUAL-150* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.trv-kocab.cz/cs/casomiry/casomira-pozarni-sport/casomira-pro-pozarni-sport-dual-150>
- [18] *ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT : DUAL-260* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.trv-kocab.cz/cs/casomiry/casomira-pro-pozarni-sport-dual-260>
- [19] *ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT - STOLNÍ MODEL* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.trv-kocab.cz/cs/casomiry/casomira-pro-pozarni-sport-stolni-model>
- [20] *DÁLKOVÝ PŘENOS TERČŮ* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.trv-kocab.cz/cs/casomiry/dalkovy-prenos-tercu>
- [21] *Ing. Libor Valeš - výroba časomír a ukazatelů* [online]. <https://www.casomiry.com/index.php?casomiry> [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.casomiry.com/index.php>
- [22] *LCD ČASOMÍRA LV 4,66 - 4 VSTUPY* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: [https://www.casomiry.com/index.php?detail/casomiry/LCD466\\_4](https://www.casomiry.com/index.php?detail/casomiry/LCD466_4)
- [23] *ALLinONE* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <http://www.markytronic.cz/allinone.htm>
- [24] ČTÚ. *Všeobecné oprávnění č. VO-R/10/12.2019-9* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z:

- <https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/ctu/vseobecne-opravneni-c.vo-r/10/12.2019-9/obrazky/vo-r10-122019-9.pdf>
- [25] ČTÚ. *Využívání vymezených rádiových kmitočtů* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/vyuzivani-vymezenych-radiovych-kmitoctu>
- [26] *CRC Series, Part 1: Additive Checksums* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://barrgroup.com/Embedded-Systems/How-To/Additive-Checksums>
- [27] *Relativity and the Global Positioning System* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: [http://www.ipgp.jussieu.fr/~tarantola/Files/Professional/GPS/Neil\\_Ashby\\_Relativity\\_GPS.pdf](http://www.ipgp.jussieu.fr/~tarantola/Files/Professional/GPS/Neil_Ashby_Relativity_GPS.pdf)
- [28] *The Global Positioning System* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.gps.gov/systems/gps/>
- [29] MILLS, David. *Network Time Protocol Version 4 Reference and Implementation Guide* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.eecis.udel.edu/~mills/database/reports/ntp4/ntp4.pdf>
- [30] EIDSON, John. *IEEE-1588 Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.nist.gov/system/files/documents/el/isd/ieee/tutorial-basic.pdf>
- [31] GM electronic. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/li-pol-akumulator-3-7v-1200mah-9x35x41mm>
- [32] MCP73844-840I/MS. *Farnell.com* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.farnell.com/datasheets/1791051.pdf>
- [33] LM350. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.331-007.1.pdf>
- [34] IRF7425PbF. *Farnell.com* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.farnell.com/datasheets/1884186.pdf>
- [35] L7805CV-DG. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.330-149.1.pdf>
- [36] Dss138. *Farnell.com* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.farnell.com/datasheets/2353875.pdf>
- [37] ATMEGA328P-PU. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.432-228.1.pdf>

- [38] HC-12. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.772-232.1.pdf>
- [39] UART Explained. *Developer.electricimp.com* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://developer.electricimp.com/resources/uart>
- [40] NEO6-M. *Laskakit.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: [https://www.laskakit.cz/user/related\\_files/neo-6\\_u-blox\\_6\\_gps\\_datasheet.pdf](https://www.laskakit.cz/user/related_files/neo-6_u-blox_6_gps_datasheet.pdf)
- [41] Piezo Electric Buzzer PK-20A38WQ. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.641-007.1.pdf>
- [42] Bipolární tranzistor BD139. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.211-010.1.pdf>
- [43] JLCPCB. *JLCPCB.com* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: [https://jlcpcb.com/VGR?utm\\_source=gg\\_vgr&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=13868823541&utm\\_content=551104536419&utm\\_term=b\\_jlcpcb&adgroupid=124228404946&gclid=Cj0KCQjw-daUBhCIARIsALbkjSZgtNwpkODswhUtKBTQHYTsUxp\\_ZAVKIqwC7Vfeuo11ki1wjN7T1UEaAgtpEALw\\_wcB](https://jlcpcb.com/VGR?utm_source=gg_vgr&utm_medium=cpc&utm_campaign=13868823541&utm_content=551104536419&utm_term=b_jlcpcb&adgroupid=124228404946&gclid=Cj0KCQjw-daUBhCIARIsALbkjSZgtNwpkODswhUtKBTQHYTsUxp_ZAVKIqwC7Vfeuo11ki1wjN7T1UEaAgtpEALw_wcB)
- [44] MEAN WELL EPS-65-12. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.333-238.1.PDF>
- [45] LED pásek 12W/m 12V bez krytí IP20. *Ledsolution.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: [https://eshop.ledsolution.cz/led-pasek-12w-m-12v-bez-kryti-ip20/?variantId=79067&gclid=CjwKCAiAn5uOBhADEiWA\\_pZwcFd8TVGIInlsK5ijhrTC8LhmtrZijO2IISYvMaW9Eshksb4uTWR10TRoCbpgQAvD\\_BwE](https://eshop.ledsolution.cz/led-pasek-12w-m-12v-bez-kryti-ip20/?variantId=79067&gclid=CjwKCAiAn5uOBhADEiWA_pZwcFd8TVGIInlsK5ijhrTC8LhmtrZijO2IISYvMaW9Eshksb4uTWR10TRoCbpgQAvD_BwE)
- [46] MCP23016. *GME.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.433-288.1.pdf>
- [47] TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Komunikace po sériové sběrnici I2C* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/komunikace-po-seriove-sbernici-isup2supc/>
- [48] Profil U ALU, 20 x 20 x 1,5 mm. *Unihobby.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www./profil-u-alu-20-x-20-x-1-5-mm-2-m-stribrny-elox>
- [49] Plech hladký ALU, 300 x 1000 x 0,5 mm. *Unihobby.cz* [online]. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.unihobby.cz/plech-hladky-alu-300-x-1000-x-0-5-mm-prirodni>



# SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

## Zkratky:

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	Vysoké učení technické v Brně
ČR	Česká republika
ppm	parts per milion
LED	Light-Emitting Diode
LCD	Liquid Crystal Display
Kč	Koruna česká
GPS	Global Positioning Systém
PPS	pulse per second
NTP	Network Time Protocol
PTP	Precision Time Protocol
I <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit
ACK	acknowledge
IO	input/output

## Symboly:

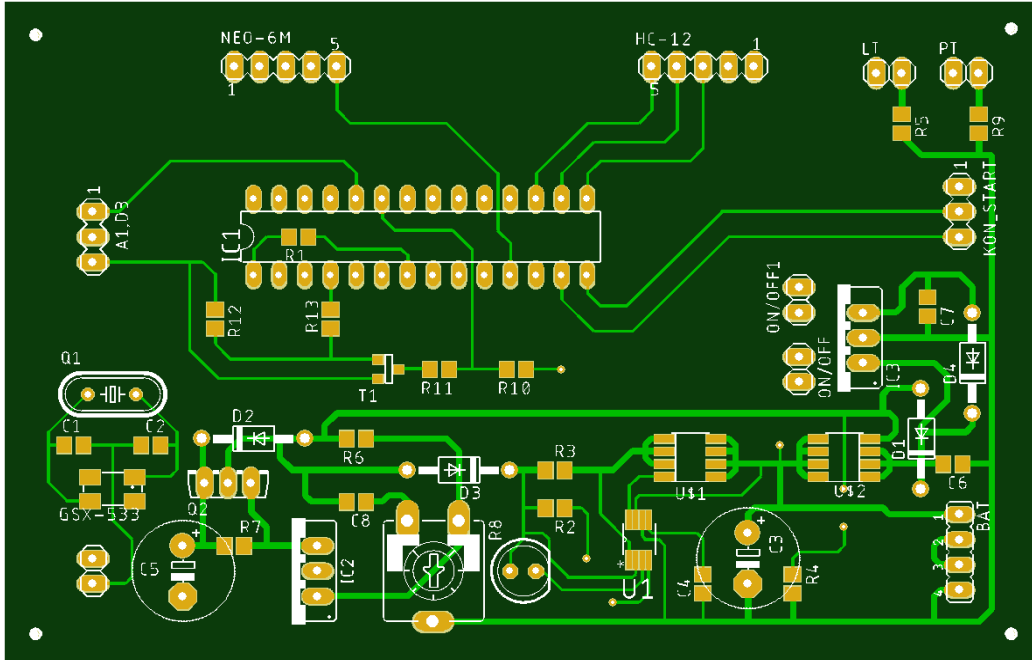
$U$	napětí	(V)
$T$	čas	(s)
$\Delta t$	čas	(s)
$\theta$	odchylka	(s)
R	odpor	( $\Omega$ )
I	proud	(A)

## **SEZNAM PŘÍLOH**

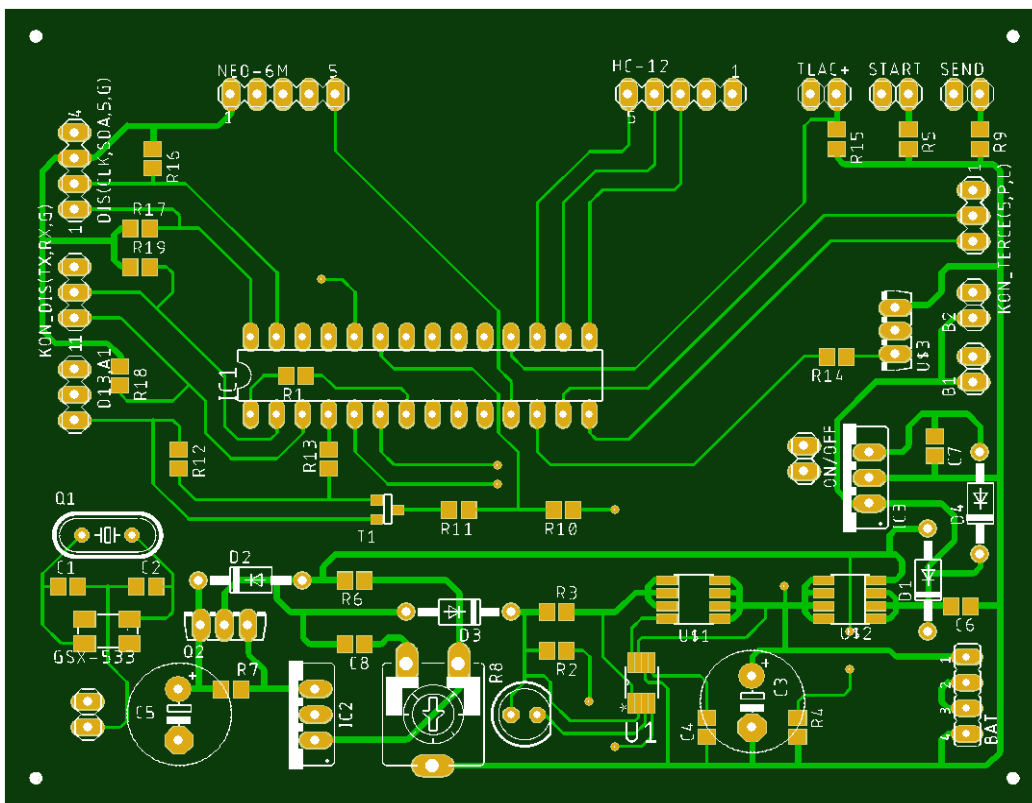
<b>PŘÍLOHA A - NÁVRHY DPS.....</b>	<b>59</b>
<b>PŘÍLOHA B - ZHOTOVENÉ DPS.....</b>	<b>61</b>
<b>PŘÍLOHA C - TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI A DISPLEJE.....</b>	<b>62</b>
<b>PŘÍLOHA D - VYROBENÝ PROTOTYP.....</b>	<b>64</b>
<b>PŘÍLOHA E - ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY.....</b>	<b>67</b>

## Příloha A - Návrhy DPS

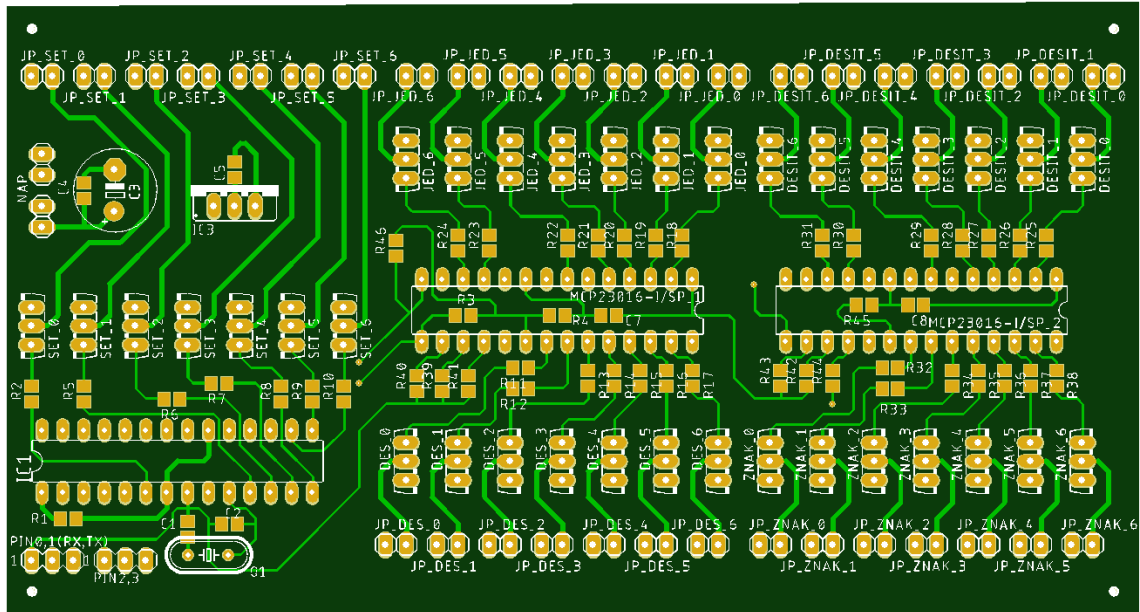
### A.1 Návrh desky pro zařízení u terčů



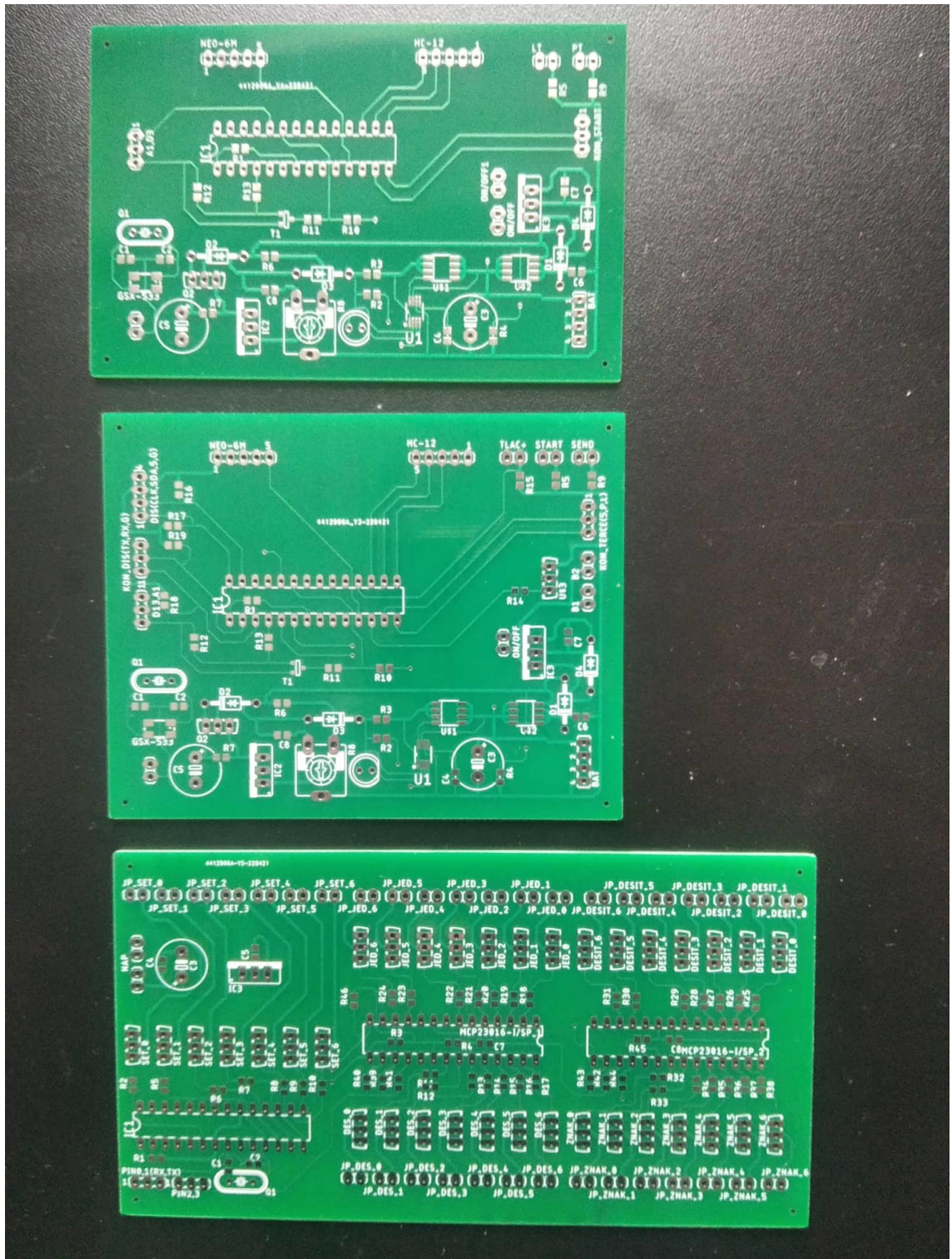
### A.2 Návrh desky pro zařízení na startu



## A.3 Návrh desky pro velký zobrazovač

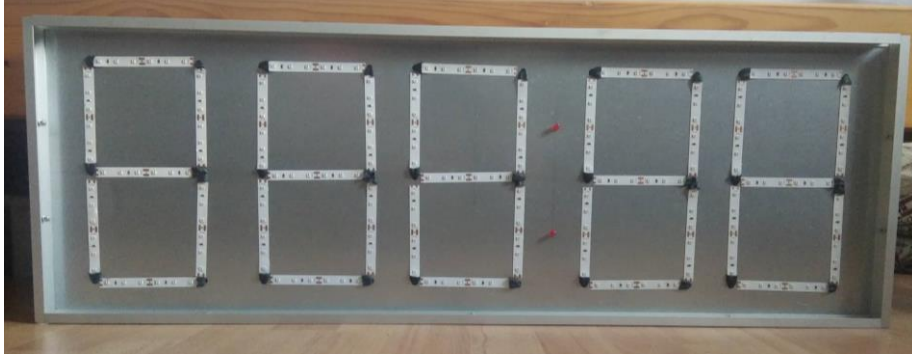


# Příloha B - Zhotovené DPS



## Příloha C - Testování přesnosti a displeje

### C.1 Vypnutý displej



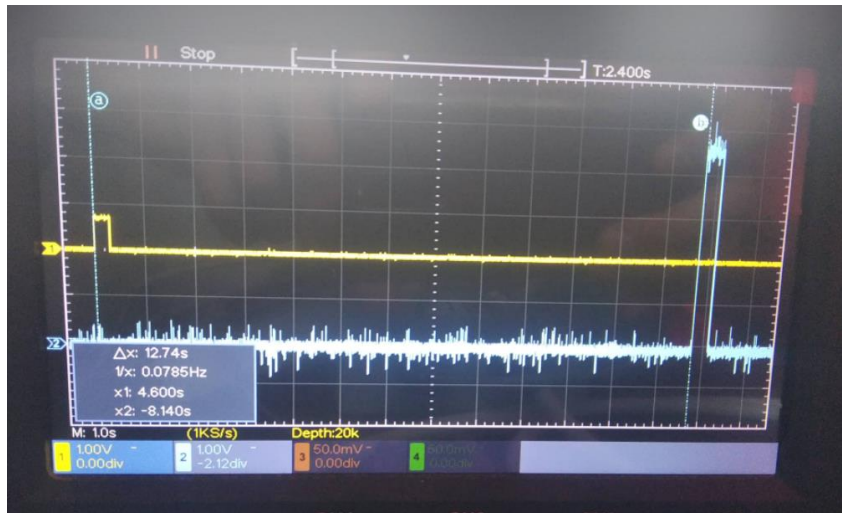
### C.2 Displej před startem



### C.3 Naměřený čas pomocí časomíry



## C.4 Kontrolní měření pomocí osciloskopu



## C.5 Výpis času na displej

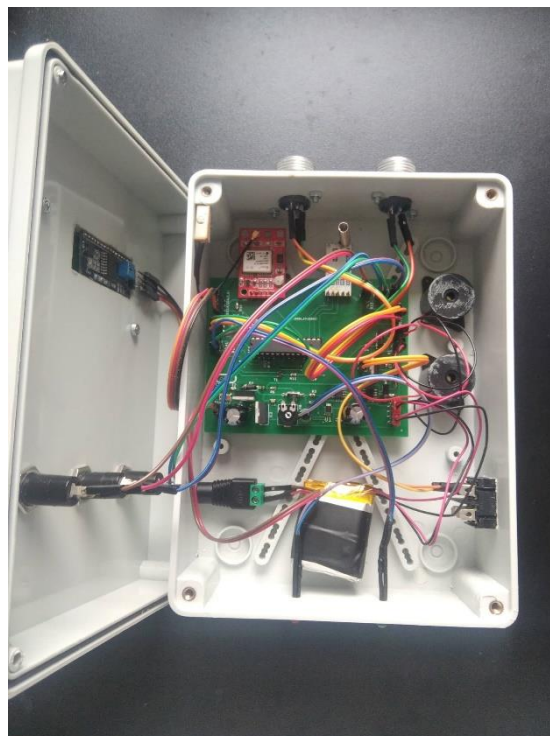


## **Příloha D - Vyrobený prototyp**

### **D.1 Zařízení na startu**

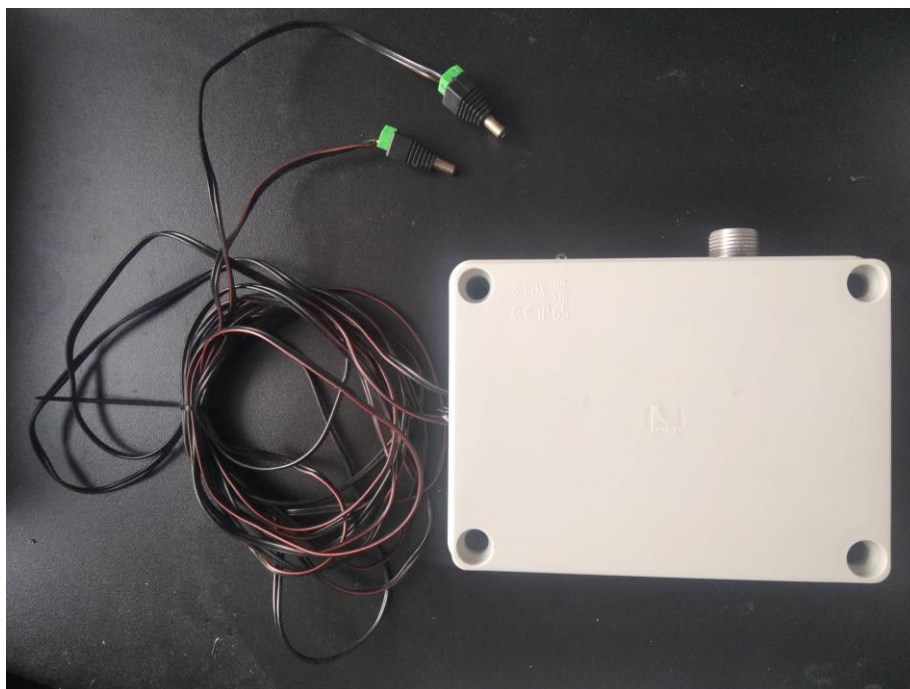


### **D.2 Vnitřní zapojení zařízení na startu**

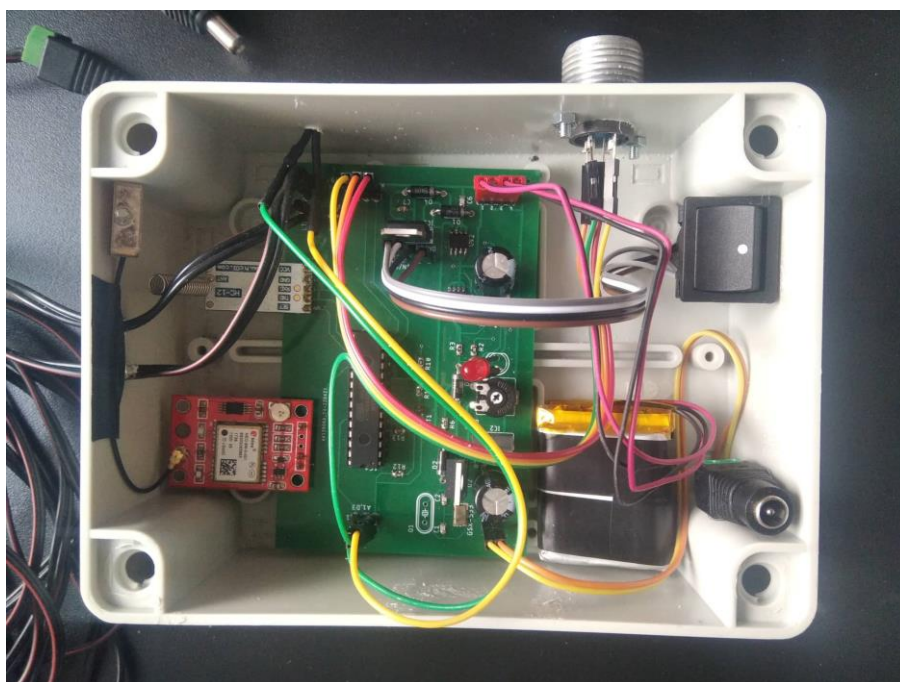




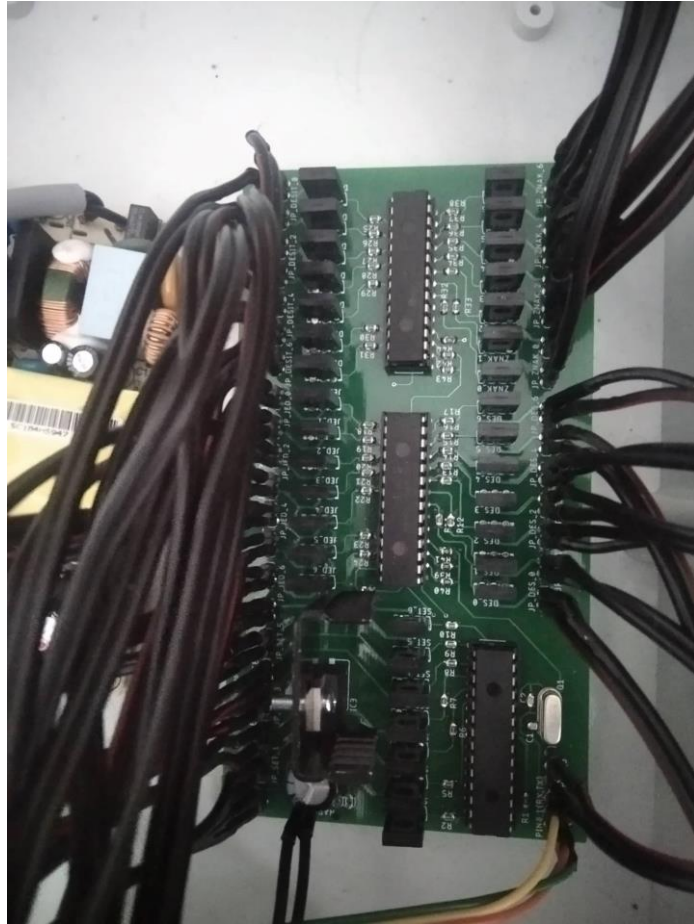
### D.3 Zařízení u terčů



### D.4 Vnitřní zapojení zařízení u terčů



## D.5 Osazená deska velkého zobrazovače



## **Příloha E - Elektronické přílohy**

V elektronické podobě jsou uloženy ostatní důležité informace, a to schémata, desky plošných spojů a zdrojový kód pro všechny tři mikrokontrolery.