

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ
ELEKTRONIKY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zařízení pro přesné měření času

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav MÍŠEK**
Osobní číslo: **E16B0036P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Zařízení pro přesné měření času**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Navrhněte zařízení pro měření času průjezdu závodního automobilu.
2. Navrhněte schéma zapojení včetně zobrazovací jednotky.
3. Navrhněte desky plošných spojů.
4. Sestavte zařízení a otestujte.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

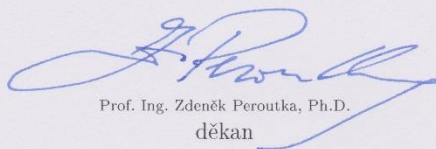
1. Kůs, Václav; Skála, Jiří. Elektronika a elektrické pohony. ZČU.1992.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Glasberger, Ph.D.

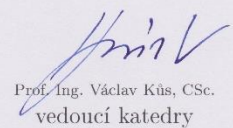
Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: 5. října 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 13. června 2019


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 5. října 2018

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem hardwaru a softwaru zařízení pro přesné měření času průjezdu vozidla. První část práce se zabývá vysvětlením základních principů funkčních bloků zařízení. Druhá část práce se zabývá návrhem optické, elektronické a mechanické části zařízení. Třetí část vysvětluje software mikroprocesoru pro výpočet a zobrazování měřeného času. V poslední části se zabýváme finální realizací celého zařízení.

Klíčová slova

optická závora, Arduino, mikroprocesor, měření času, časomíra, stopky, LED matice

Abstract

The bachelor thesis deals with the design of hardware and software for accurate time measurement of the vehicle transit time. The first part of the thesis deals with the explanation of the basic principles of the function blocks of the device. The second part deals with the design of optical, electronic and mechanical parts of the device. The third part explains the microprocessor software for calculating and displaying the measured time. In the last part we deal with the final realization of the whole device.

Key words

optical barrier, Arduino, microprocessor, measuring time, timekeeping, stopwatch, LED matrix

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 11.6.2019

Václav Míšek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Glasbergerovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	12
1 OBECNÝ POPIS JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ	13
1.1 ZÁKLADNÍ PRINCIP	13
1.2 BLOKOVÉ SCHÉMA	13
1.3 ARDUINO.....	14
1.3.1 Rozložení desky.....	15
1.4 OPTOZÁVORY	16
1.5 LED MATICE 8x8 ŘÍZENÁ MAX7219.....	17
1.6 NAPÁJENÍ	17
1.6.1 Spínaný zdroj.....	17
1.6.2 Stabilizovaný zdroj	18
2 NÁVRH HARDWARU	19
2.1 VÝPOČETNÍ A ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKA	19
2.2 OPTICKÁ ZÁVORA.....	19
2.2.1 Varianta 1.....	19
2.2.2 Varianta 2.....	20
2.3 NAPÁJENÍ	21
2.4 KONSTRUKCE	22
2.4.1 Zobrazovací jednotka	22
2.4.2 Optická čidla	23
2.5 NÁVRH DPS	24
3 SOFTWARE	26
3.1 VÝVOJOVÝ DIAGRAM	26
3.2 NASTAVENÍ REŽIMU A KONTROLA OPTICKÝCH ZÁVOR	26
3.3 ZÍSKÁVÁNÍ A VÝPOČET ČASU	27
3.4 ZOBRAZOVÁNÍ ČASU	29
4 FINÁLNÍ REALIZACE	30
ZÁVĚR	33
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	35

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí zařízení pro měření času průjezdu závodního automobilu ve dvou režimech měření. Tímto závodním automobilem bude elektrická formule, která se bude účastnit závodu Formula student resp. Formula SAE.

Kategorie elektrické formule vznikla v roce 2010. Formule váží kolem 200 kg bez pilota a může disponovat výkonem až 80 kW. Výkon na kola se přenáší dnes již převážně pomocí synchronních motorů s permanentními magnety uložených přímo v kolech. Baterie formule, nejčastěji typu lithium – iontových, jsou navrženy tak, aby zvládly minimálně 22 km v plném závodním nasazení. [1]

Od roku 2012 se jezdí i světový šampionát formule nazývané Formule E. Stejně jako ve formuli F1 si každý tým staví svůj vlastní monopost. Maximální výkon motoru je 200 kW. Baterie je navržena tak, aby vydržela celý závod. Závod může mít délku tratě až 170 km. Minimální hmotnost vozu je stanovena na 880 kg. závody se jezdí výhradně na městských okruzích. [2]

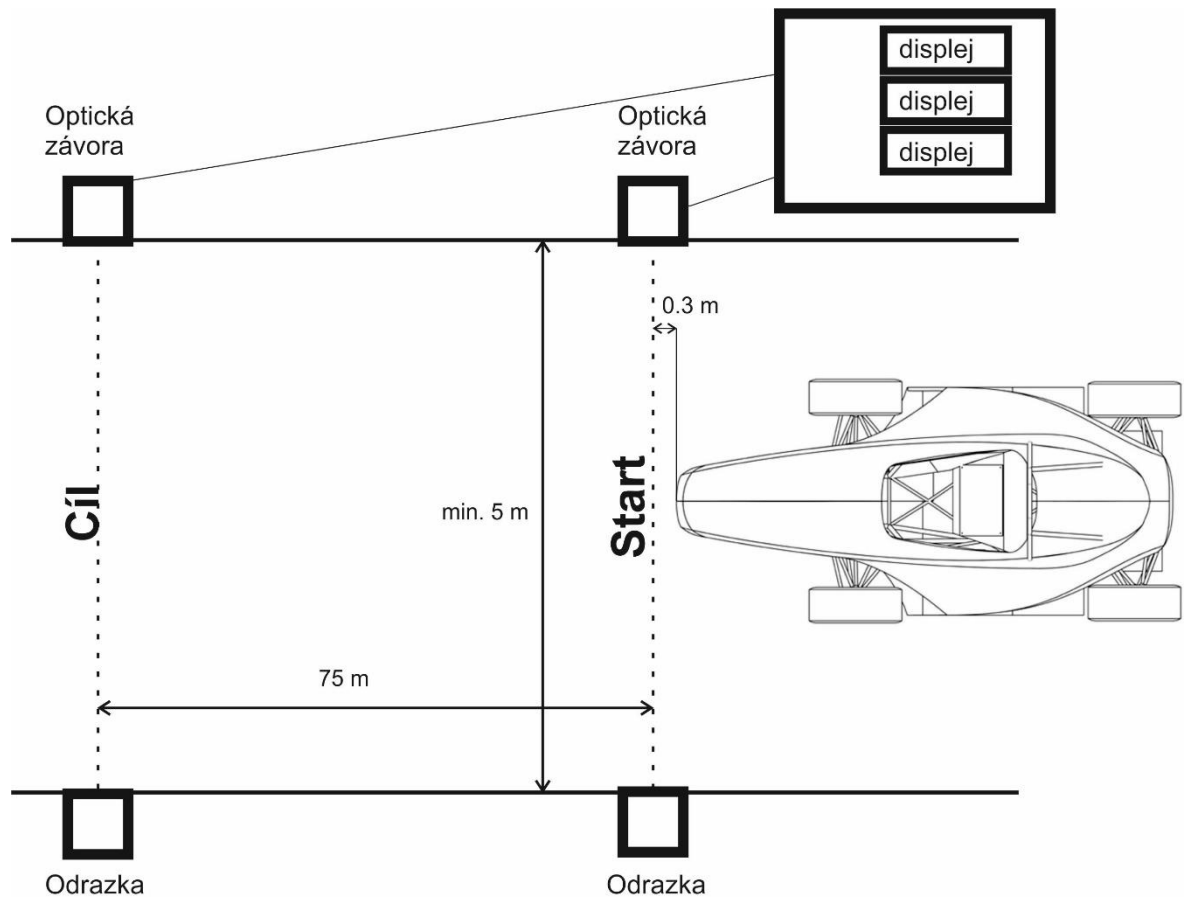
Formula SAE je mezinárodní soutěž, které se účastní mnoho technických univerzit z celého světa. Na první příčce v kategorii elektro formule je univerzita ETH Zürich ve Švýcarsku. Na druhé příčce je Ostbayerische Technische Hochschule z Ambergu v Německu a na třetí příčce je Nagoya University v Japonsku. [3] V České republice se závodů elektro formule zatím účastní pouze ČVUT v Praze – viz Obr. 1.



Obr. 1 - Elektro formule týmu eForce FEE Prague Formula (převzato z [4])

Závody jsou rozdělené do několika disciplín, které se stále dělí na statické a dynamické. Mezi statické disciplíny patří technická přejímka, test brzd, test hlučnosti, test proti převrácení pomocí náklonu, prezentace a výrobní cena přepočítána na 1000 ks. Po absolvování statických disciplín začínají dynamické. V dynamických testech se musí tým vypořádat se sprintem na 75 m (Obr. 2), s jízdou v osmičce a vytrvalostním závodem, který je postaven tak, aby ověřil dynamičnost vozu.

Pro trénink dynamických disciplín bylo nutné navrhnout a zkonstruovat zařízení popisované v této práci, jehož hlavním účelem je přesné měření času. Zařízení je primárně určeno pro tým UWB Racing Pilsen Západočeské univerzity v Plzni pro testování a trénování v dynamických disciplínách.



Obr. 2 - Rozložení zařízení na sprint

Hlavní cíle práce:

1. Návrh celé koncepce a elektrické části zařízení
2. Návrh optické a zobrazovací části
3. Návrh vyhodnocovacího softwaru
4. Realizace a otestování

Seznam symbolů a zkratk

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

USB – Universal Serial Bus

PC – personal computer

MOSFET – Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

DIN – Deutsches Institut für Normung (přenos dat)

CLK – clock

LED – Light-Emitting Diode

C – C with Classes

C++ - zdokonalený jazyk C

RS-232 – Recommended Standard 232

Arduino IDE – Arduino integrated development environment

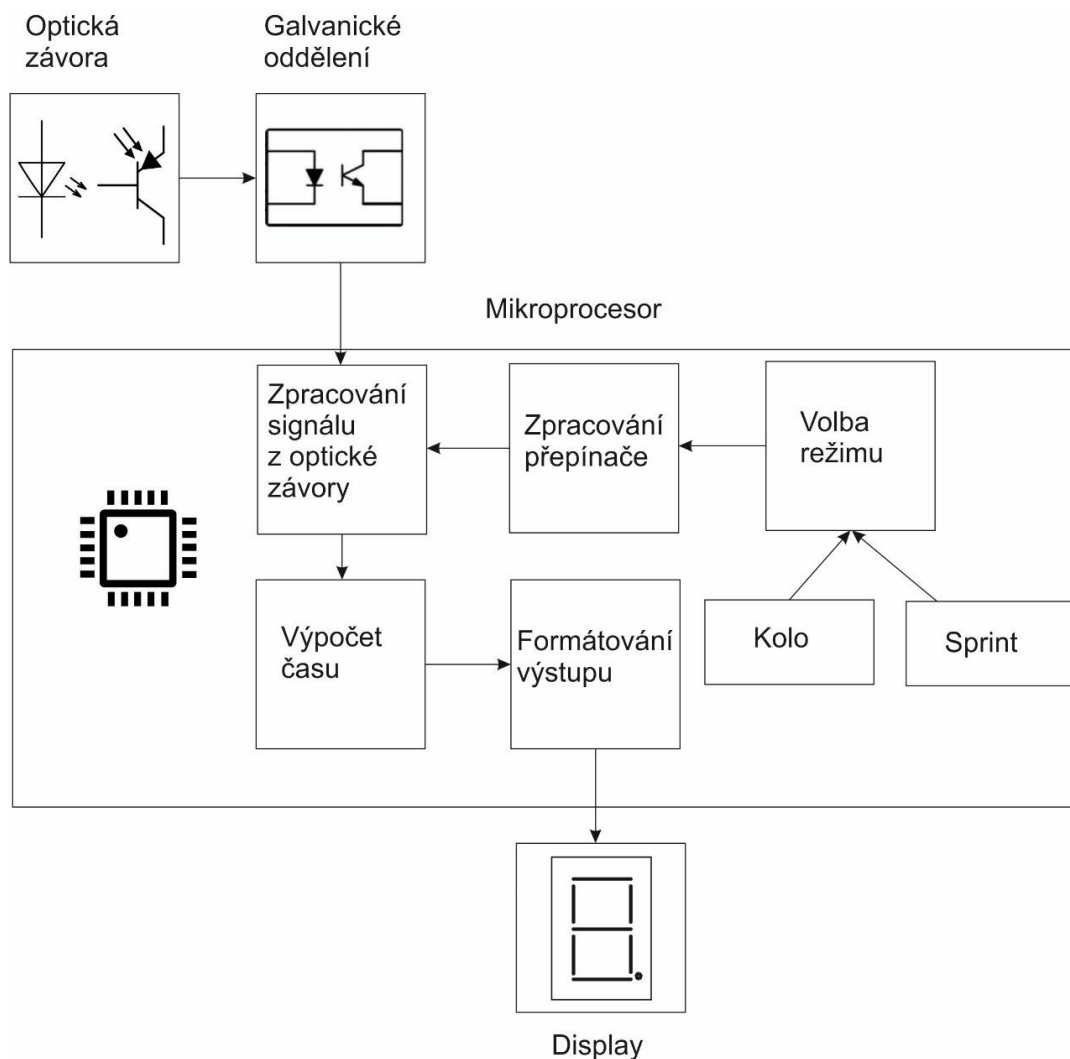
1 Obecný popis jednotlivých bloků

1.1 Základní princip

Zařízení pro přesné měření času, které jsem pracovně nazval stopky, měří s přesností na tisíce sekund. Stopky pracují ve dvou režimech. V prvním režimu sprint jsou použity dvě optické závory pro start a cíl. Sprint se jede na 75 m, přičemž vyhrazená trať na šířku měří alespoň 5 m. Šířka tratě patřila mezi důležité podmínky při výběru optické závory. Ve druhém režimu se měří čas kola a pro tento účel je použita pouze jedna optická závora. Stopky zobrazují aktuální měřený čas a dva předešlé časy.

1.2 Blokové schéma

Základní blokové schéma navrženého zařízení je uvedeno na Obr. 3. Po zapnutí a nastavení funkce měření program zkontroluje, zda-li jsou připojeny optické závory. Poté čeká na povel start. Po průjezdu závorou se spustí čas na displeji, který se zobrazuje na desetiny sekund. Po průjezdu cílem nebo absolvování jednoho kola se čas uloží a posune se o řádek níže, kde se podle velikosti času zobrazí na stovky nebo tisíce sekund.



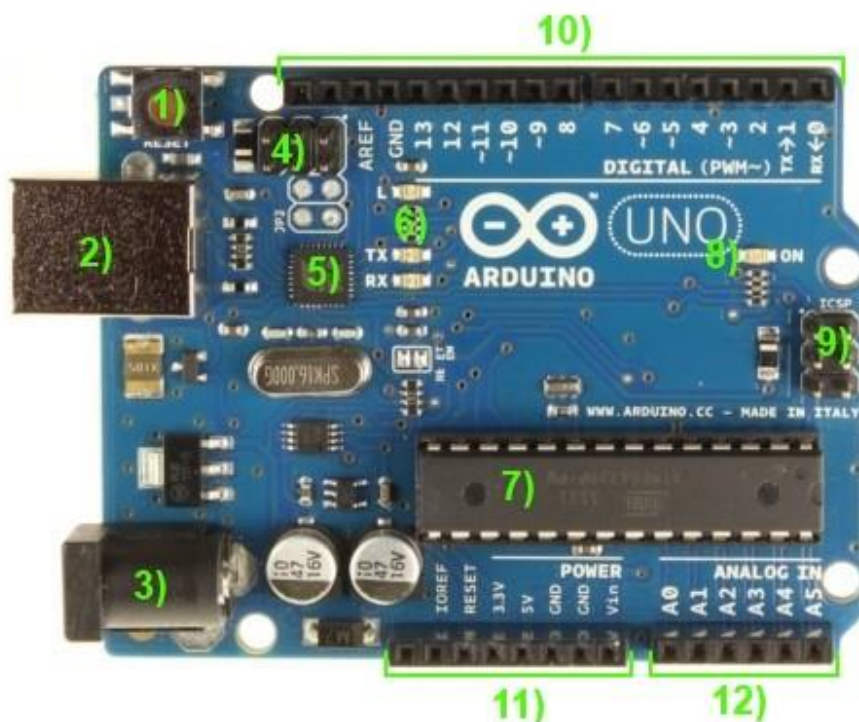
Obr. 3 - Blokové schéma zařízení

1.3 Arduino

První platforma vznikla v roce 2005 v italském městě Ivree [5]. Arduino je mikropočítač od firmy Atmel určený k výrobě jednoduchých zařízení nebo prototypů. U použitého (Obr. 4), asi nejvíce používaného typu Arduino UNO, je vývojová deska založena na procesoru ATMEGA328 s frekvencí 16 MHz, vestavěnou pamětí 32 kB, operační pamětí 2 kB a EEPROM 1 kB. Z vlastní paměti je použito 0,5 kB (u verze UNO) pro bootloader, který slouží k přenosu programu z PC do mikrokontroléru pomocí USB. Díky tomu nepotřebuje žádný dodatečný programátor. Arduino také obsahuje převodník USB na sériovou linku RS 232. Desku lze rozšířit pomocí tzv. shieldů a dalšími periferiemi, díky nimž lze rozšířit možnosti využití. Programování probíhá v Arduino IDE, které je napsáno v jazyce Java. Programování probíhá v jazycích C, C++ nebo jednodušší cestou za použití

knihovny Wiring. Nespornou výhodou Arduina je otevřená platforma (open source), proto je možnost zadarmo najít velké množství článků, návodů, hotových programů. Další výhodou je dostupnost desítek hotových příslušenství snadno programovatelných. Díky otevřené platformě vznikají klony Arduina, které mají stejnou strukturu a nesou podobné názvy např. Netduino, Freeduino.

1.3.1 Rozložení desky



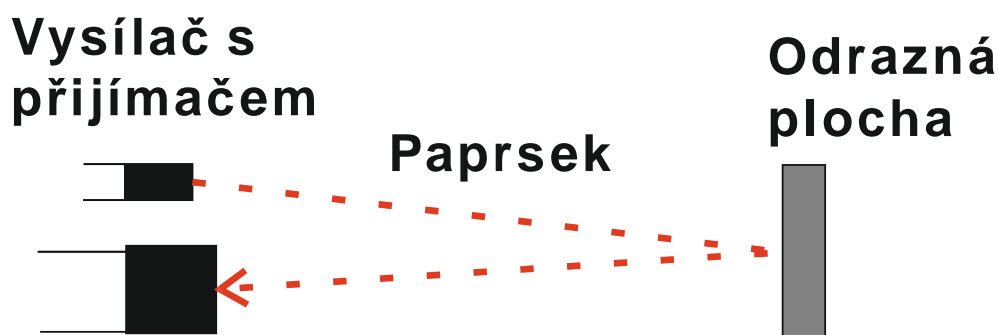
Obr. 4 - Deska Arduino Uno (převzato [6])

Vývojová deska Arduino Uno se skládá z následujících částí: [7]

1. Reset tlačítko
2. USB konektor typu B
3. Napájecí konektor
4. Externí programovací hlavice
5. USB serial převodník
6. Indikační LED diody
7. Hlavní čip ATmega328
8. Indikační Led dioda napájení
9. Hlavice pro externí programování hlavního čipu nebo pro připojení shieldů
10. Digitální piny
11. Napájecí a ovládací piny Arduina
12. Analogové vstupy

1.4 Optozávory

Optická závora nebo také světelná závora funguje na principu přerušení světelného paprsku, jak ve viditelném, tak i v infračerveném světelném spektru mezi vysílačem a přijímačem. Optické závory se vyskytují ve dvou provedeních snímání překážky. V reflexním režimu, kdy se vysílač i přijímač vyskytují nejčastěji v jednom pouzdře, je vysílaný paprsek odražen přes zrcadlo, odrazku nebo jiný reflexní prvek zpět do přijímače, jak je znázorněno na Obr. 5.



Obr. 5 - reflexní závora a její princip

Druhá varianta je, že se vysílač se zdrojem světla nachází na jedné straně a přijímač s detektorem světla na druhé a daný předmět se pohybuje mezi nimi, jak je znázorněno na Obr. 6.



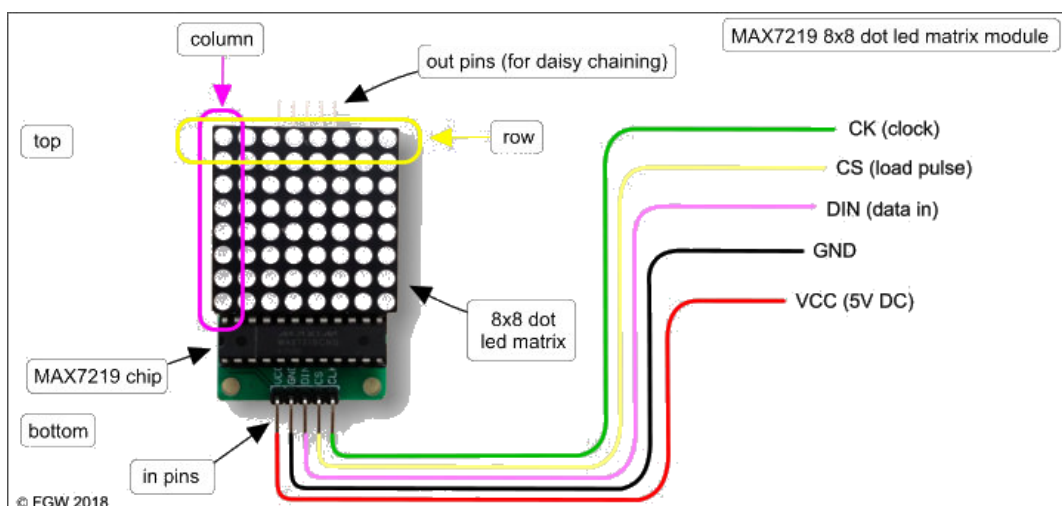
Obr. 6 - jednocestná závora a její princip

Jako vysílač se nejčastěji používá infračervené světlo. V přijímačích se většinou vyskytuje fototranzistor nebo fotodioda. Důležité je, aby zdroj světla a detektor přijímače pracoval na stejné vlnové délce a aby byl detektor dostatečně citlivý na danou vlnovou délku. Optická závora se často používá např. v průmyslu k detekci výrobků na výrobním pásu nebo dopravníku. Lze ji využít také jako

zabezpečovací zařízení nemovitostí. Běžný uživatel se s optickou závorou nejpravděpodobněji setká u automaticky otevíraných vrat, kde slouží k detekci, jestli mezi vraty nestojí vozidlo.

1.5 LED matice 8x8 řízená MAX7219

MAX7219 je integrovaný obvod pro snazší řízení LED displejů. Jeho vstupní piny komunikují po sériové lince, což umí i vybraný mikroprocesor. Řídící obvod se umísťuje co nejbližší k displeji a pro každou matici musí být jeden driver. Obvod lze nazvat demultiplexorem, což znamená, že převádí sériovou informaci (výstup z mikroprocesoru) na paralelní data (výstup pro displej). Jeden MAX7219 dokáže řídit 64 jednotlivých segmentů, v našem případě matici 8x8 (viz Obr. 7). Obvod přijímá po sériové sběrnici v 16 bitových paketech data. Vstupní pin pro data je DIN, pro hodinový signál CLK a pro povel k nahrání dat LOAD.



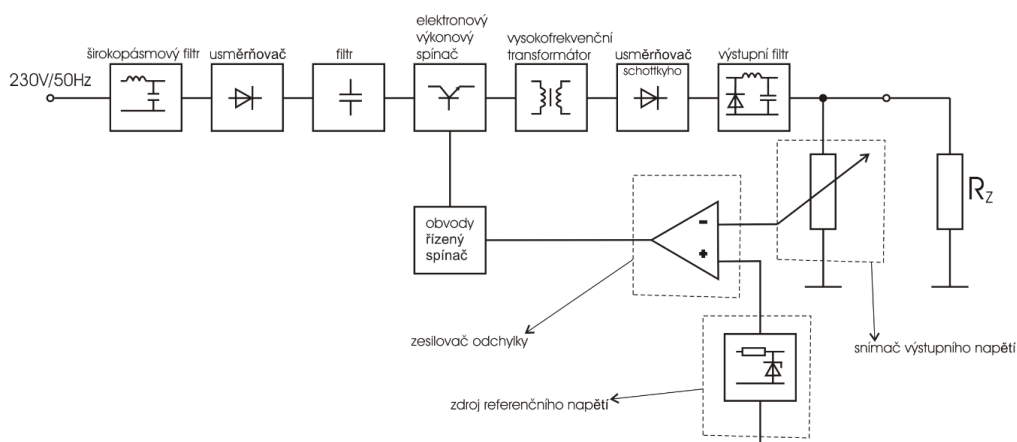
Obr. 7 - LED matice s MAX7219 (převzato z [8])

1.6 Napájení

1.6.1 Spínaný zdroj

Spínaný zdroj (viz Obr. 8) je zdroj elektrické energie, který je na rozdíl od klasických zdrojů s transformátorem lehčí a má větší účinnost. Dnes již existují integrované obvody např. TOP switch, které mají v sobě kompletní řízení pro tento zdroj. Síťové napětí se usměrní a vyfiltruje. Poté se napětí rozstřídá na frekvenci v hodnotě desítek kHz. Po průchodu středofrekvenčním transformátorem se napětí

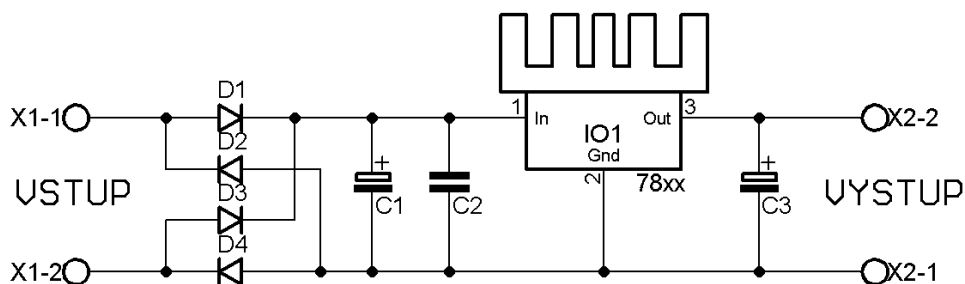
znova usměrní a vyhladí a přivede se na výstup spínaného zdroje. O konstantní napětí na výstupu se stará zpětná vazba, která řídí spínání tranzistorů. [9]



Obr. 8 - Blokové schéma spínaného zdroje (převzato z [10])

1.6.2 Stabilizovaný zdroj

Stabilizovaný zdroj je zdroj napětí, který dodává do elektrického obvodu konstantní napětí. Ideální zdroj dodává konstantní napětí bez ohledu na velikost odebíraného proudu. Stabilizátor napětí napájený ze sítě se skládá (viz Obr. 9) ze čtyř základních částí: transformátor, usměrňovač, filtr a stabilizátor. Posláním transformátoru je snížit síťové napětí ideálně na napětí trochu vyšší než je požadované na výstupu stabilizátoru. Usměrňovač je nejlepší použít dvoucestný v Darlingtonově zapojení. Výsledkem za usměrňovačem bude pulzující stejnosměrné napětí. Filtr má za úkol vyrovnat stejnosměrné napětí, aby bylo co nejméně zvlněné. Nejjednodušší filtr je připojený paralelně k usměrňovači, kde se po průchodu první půlvlny nabije a vybíjí se k příchodu další půlvlny. Tento děj se neustále opakuje. Čím větší kondenzátor zvolíme, tím menší zvlnění máme. Stabilizátor nám při změně proudu udržuje stále námi požadované napětí. Jako nejjednodušší stabilizátor se dá použít Zenerova dioda nebo vyspělejší technologie v integrované formě. [11]



Obr. 9 - Schéma zapojení stabilizovaného zdroje (převzato z [12])

2 Návrh hardwaru

System měření času je tvořen z jedné nebo dvou optických závor (podle typu měření), mikropočítače Arduino, tří řad pětimístných LED matic s MAX7219 a zdroje napětí.

2.1 Výpočetní a zobrazovací jednotka

Pro výpočet měřeného času je použit mikrokontrolér Arduino Uno, který snímá protnutí optické závory na výstupu optočlenu pro galvanické oddělení. Vyhodnocuje nastavení režimu měření a ovládá tři skupiny komerčních LED matic 40x8. Tato matice je složená z matic 32x8 a 8x8, aby bylo možné zobrazit pětimístné číslo.

2.2 Optická závora

2.2.1 Varianta 1

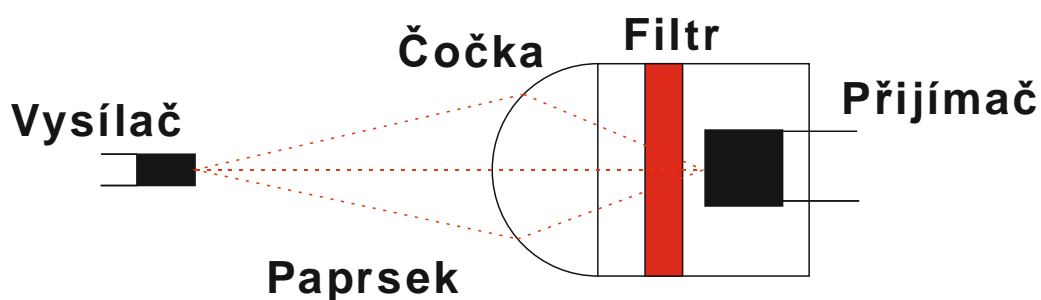
Jako první varianta optické závory přišla na řadu hotová stavebnice Flajzar KF357EXT (Obr. 10), kde jako vysílač slouží 5 mW laser. Pro přijímač byl použit fototranzistor. Celá sestava je řízena pomocí mikroprocesoru PIC. Tato konstrukce je levná a jednoduchá.



Obr. 10 - Laserová závora (převzato z [13])

Problémem této konstrukce bylo nastavení vysílače a přijímače přesně proti sobě, protože fototranzistor je malého průměru 3 mm a laserový paprsek musí dopadat kolmo. Toho na požadovanou vzdálenost minimálně pěti metrů nebylo možné dosáhnout. Toto jsem se snažil vyřešit pomocí čočky spojky o průměru 20 mm s ohniskem ve vzdálenosti 50 mm.

Dalším problémem bylo ovlivňování přijímače jiným zdrojem světla. To jsem se snažil eliminovat použitím barevného filtru, který propouštěl světlo o vlnové délce přibližně 650 nm. Toto uspořádání je znázorněno na Obr. 11.



Obr. 11 - Uspořádání prvků optické závory

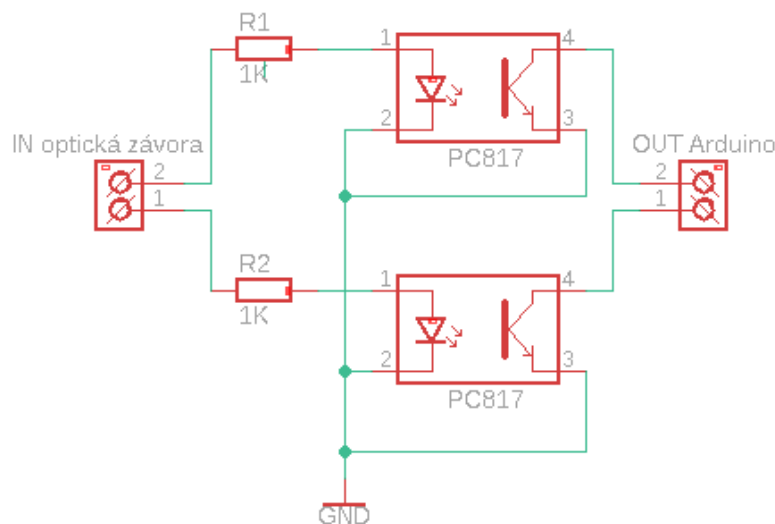
Optickou komoru přijímače jsem se snažil co nejvíce zatemnit, ale i přesto velké sluneční záření ovlivňovalo spínání. Stavebnice sice umožňuje kódovaný impulsní režim vysílání laseru, ale jen s malou frekvencí spínání pouze 200 Hz. Další nevyhovující věcí bylo umístění vysílače a přijímače. Každý musí být na protilehlých stranách tratě a je nutnost přivést napájení na obě zařízení. Při pokusu vytvořit optickou závoru v reflexním režimu bylo nutné použít zrcadlo, protože odrazka rozptýlila světlo a přijímač na dané světlo nereagoval. Řešením bylo použití zrcadla, kde se laser odrazil zpět jako bod, ale toto fungovalo pouze v temné místnosti a ve stínu. Na slunečním světle nebyl laser dostatečně silný, aby zareagoval fototranzistor. Kvůli těmto značným problémům se přistoupilo k druhé variantě.

2.2.2 Varianta 2

Řešení problému bylo pořídit hotovou průmyslovou optickou závoru. Z potřebných parametrů, měření minimálně na 5 metrů a rychlost měření na tisíce sekundy, byla vtipována optická závora od firmy Datalogic typ S45-pR-5-B03-PH. Měří

na vzdálenost až 6 m v reflexním režimu rychlostí 1 kHz. Jako vysílač je použita červená LED o vlnové délce 632 nm. Vysílané světlo je kódované, a tudíž ho jiný zdroj světla nebo sluneční záření nemůže ovlivnit.

Komerčně dostupnou závoru bylo nutno doplnit galvanickým oddělením pomocí optočlenu PC817 (viz Obr. 12), kvůli možnosti naindukování vyšších harmonických. Optická závora je typu PNP, tudíž se na výstupním signálu objeví kladné napětí. Tímto signálem ovládáme vstup optočlenu. Dalším přínosem optočlenu v našem případě je změna napětí. Z optočlenu získáváme signál o velikosti +12 V a na výstupu optočlenu signál 5 V.

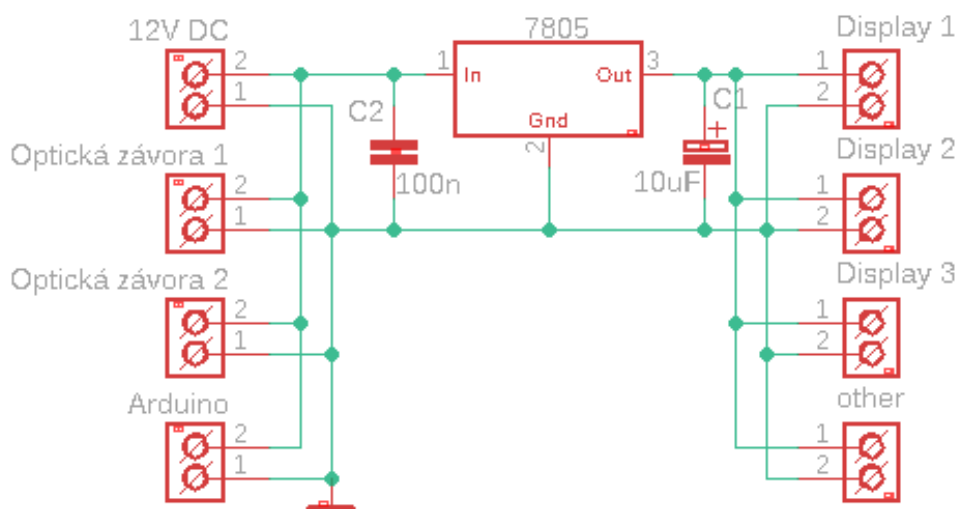


Obr. 12 - Schéma zapojení galvanického oddělení

2.3 Napájení

Zařízení je možné napájet ze dvou zdrojů. Z baterie 12 V nebo ze sítě 230 V. Přepínání mezi výběrem zdroje je jednoduše pomocí kolébkového přepínače. Vstup 12 V do zařízení je pomocí přístrojových zdírek. K baterii 12 V je zařízení připojeno pomocí banánek a krokosvorek. Napájení pomocí baterie je opatřeno usměrňovací diodou, která chrání zařízení proti prepólování. Napájení ze sítě 230 V je připojeno přes EURO konektor. Napětí je sníženo na 12 V a převedeno na DC pomocí koupeného spínaného zdroje od firmy Mean Well s výkonem 15,6 W. Z 12 V zdroje jsou napájeny optická čidla a Arduino. Pro napájení displejů

potřebujeme napětí o velikosti 5 V. Toto napětí získáme pomocí stabilizátoru napětí 7805 s dimenzovaným výstupním proudem 1,5 A (viz Obr. 13).



Obr. 13 - Schéma rozvodu napětí a stabilizátoru 5 V

2.4 Konstrukce

2.4.1 Zobrazovací jednotka

Z důvodu atypických rozměrů zobrazovací jednotky bylo nutné se uchýlit k výrobě vlastní krabice (Obr. 14). Krabice je vyrobena z plechu o síle 0,8 mm, délce 330 mm, šířce 230 mm a výšce 50 mm. Povrchová úprava povrchu je pomocí práškové barvy. Na zadní straně krabice jsou otvory pro montáž veškerých konektorů a přepínačů pro obsluhu zařízení. Víko krabice je z 3 mm čirého plexiskla, které je přichyceno ke krabici pomocí hliníkových lišt. Plexisklo je polepeno folií, kde zůstala průhledná pouze místa, kde se nachází displeje. Krabice je opatřena závitem pro montáž na stativ. Byl zvolen stativ s ohledem na hmotnost Hama Star 61.



Obr. 14 - Zobrazovací jednotka

2.4.2 Optická čidla

Při navrhování stojanů pro optická čidla a odrazky (Obr. 15) bylo nutné brát v úvahu hned několik podmínek. Jedna z hlavních podmínek byla stabilita, proto byl zvolen stativ typu tripod (stativ složen ze tří noh) s rozpěrkami. Mezi další podmínky patřila nastavitelná výška a odolná konstrukce, proto byl zvolen stativ Hama Star 05. Z důvodu nutnosti měření ve výšce cca 15-20 cm od země bylo třeba

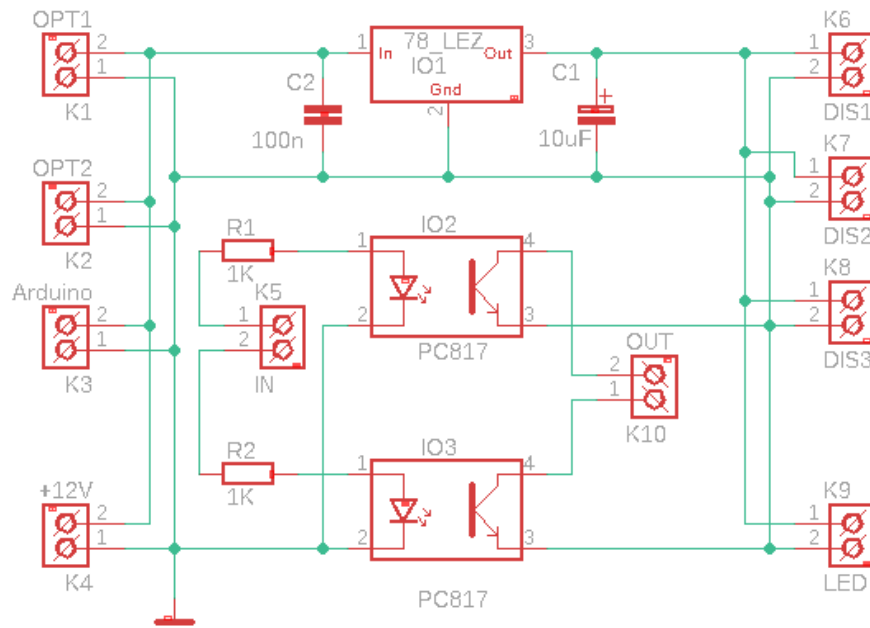
přepracovat uchycení držáku čidla a odrazky, protože takto vysoké stativy nejsou dostupné. Držák není přichycen klasicky ke stativové hlavě, ale pomocí adaptéru na spodní část středové tyče.



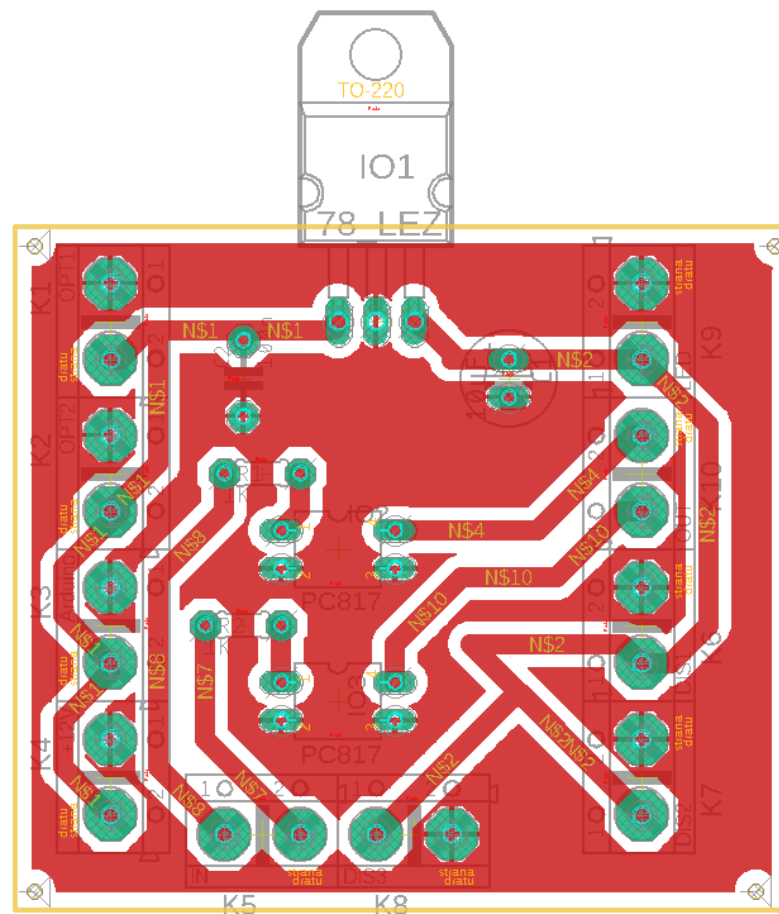
Obr. 15 - Stativ s uchycenou optickou závorou

2.5 Návrh DPS

Pro rozvod napětí, stabilizace 5 V a galvanického oddělení pomocí optočlenů (viz Obr. 16) bylo nutné zhotovit DPS. Na návrh DPS byl použit program EAGLE. Použitá deska je jednovrstvá a součástky jsou umístěny z vrchu. Deska je o rozměrech 52x46 mm (viz Obr. 17).



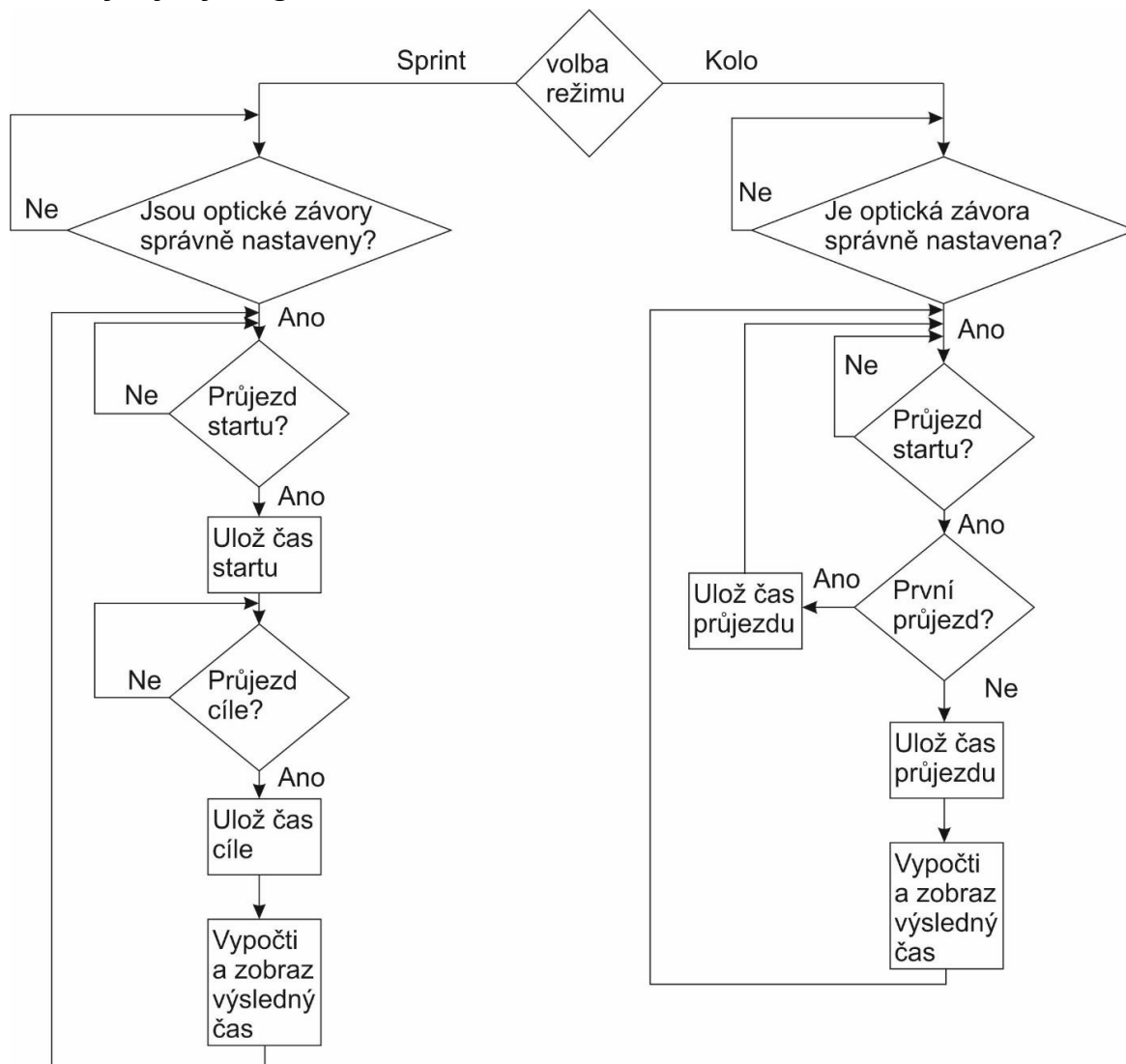
Obr. 16 - Schéma zapojení DPS



Obr. 17 - Rozložení součástek na DPS

3 Software

3.1 Vývojový diagram



Obr. 18 - Vývojový diagram programu

3.2 Nastavení režimu a kontrola optických závor

Nastavení režimu se provádí pomocí kolébkového přepínače, kdy při jedné poloze čteme na vstupu HIGH a při druhé poloze LOW. Podle typu úrovně se pomocí funkce if vybere měřicí režim. Kontrola správného nastavení optických závor probíhá pomocí cyklu while a podmínky if. Při správném nastavení nabývá hodnoty HIGH a při špatném LOW. Dokud nejsou správně nastavené optické závory, program zůstává zacyklen v tomto kontrolním cyklu, viz následující výřez programového kódu.

```

//Výběr režimu - kolo
if (reziminf==HIGH){
  //Kontrola nastavení optických závor
  while(kontrola==0){
    startinf = digitalRead(start);
    //Správně nastavení optických závor
    if(startinf==HIGH){
      //Zobrazení na displej OPT.OK
      for(int i=0; i<8; i++) {
        ledMat.setRow(poz5,i,pismenoo[i]);
        ledMat.setRow(poz4,i,pismenop[i]);
        ledMat.setRow(poz3,i,pismenot[i]);
        ledMat.setLed(poz2,1,7,true);
        ledMat.setRow(poz2,i,pismenoo[i]);
        ledMat.setRow(poz1,i,pismenok[i]);
      }
      kontrola=1;
      //Počkej tři sekundy a smaž
      delay(3000);
      ledMat.clearDisplay();
    }
    //Špatné nastavení optických závor
    else{
      //Zobrazení na displej ERROR
      for (int i=0; i<8; i++) {
        ledMat.setRow(poz5,i,pismenoe[i]);
        ledMat.setRow(poz4,i,pismenor[i]);
        ledMat.setRow(poz3,i,pismenor[i]);
        ledMat.setRow(poz2,i,pismenoo[i]);
        ledMat.setRow(poz1,i,pismenor[i]);
      }
    }
  }
}

```

3.3 Získávání a výpočet času

Čas se získává pomocí funkce unsigned long millis(). Funkce millis() se používá tam, kde je třeba čekat nebo vypočítat čas, ale není žádoucí, aby byl chod programu přerušen. Tato hodnota je uložena v registru procesoru. Funkce nepotřebuje žádný vstupní parametr a vrací nám počet milisekund od spuštění Arduina. Tato hodnota není nekonečná. Její velikost je $2^{32} - 1$ ms, což je necelých 50 dní. Poté dojde k přetečení a začne se zase počítat od nuly. Tento fakt nás v naší konstrukci netrápí, protože stopky tak dlouhou dobu bez vypnutí nepoběží. Po propnutí optické závory se uloží aktuální hodnota výstupu funkce millis() do proměnné v našem programu

pojmenované *caszac* a po protnutí druhé optické závory nebo projetí jednoho kola se druhá hodnota uloží do proměnné *caskon*.

```
//uložení času startu
if (startinf == LOW&&beh==0){
    beh=1;
    caszac = millis();
}
//uložení času cíle
if (konecinf == LOW&&beh==1){
    beh=0;
    caskon = millis();
}
```

Výsledný čas poté získáme jednoduchým výpočtem:

$$cas = caskon - caszac$$

Vypočtený čas je v milisekundách a my potřebujeme čas převést na zobrazení 9:59.999. Toho docílíme pomocí funkce modulo a jednoduchého dělení.

Jednotky minut:

$$jm = \frac{(cas \% 1000000)}{60000}$$

Desítky sekund:

$$vd = \frac{(cas \% 3600000) \% 60000}{10000}$$

Jednotky sekund:

$$vj = \frac{cas \% 10000}{1000}$$

Stovky milisekund:

$$ms = \frac{cas\%1000}{100}$$

Desítky milisekund:

$$md = \frac{cas\%100}{10}$$

Jednotky milisekund:

$$mj = cas\%10;$$

3.4 Zobrazování času

Čas se při měření do 99 sekund zobrazuje na tisíce sekund. Při čase větším než 99 sekund se zobrazuje pouze na setiny sekund. Zobrazování čísel na displeji probíhá pomocí cyklu `for` a knihovny `LedControl` [14]. Jednotlivé body na matici se vykreslují cyklicky frekvencí 1300 Hz, která je daná konstrukcí matice.

```
//Zobrazení desítek sekund při hodnotě menší než jedna minuta a  
zobrazení //jednotek minut při hodnotě větší než jedna minuta na první  
matici.  
if ((vd == 1&&cas<60000) || (jm==1&&cas>59999)){  
    for(int i=0; i<8; i++) {  
        ledMat.setRow(poz1,i,cislo1[i]);  
    }  
}
```

Při měření se zobrazuje měřený čas pouze na celé sekundy. Po změření se zobrazí i milisekundy. Při průjezdu startem se uloží předchozí změřený čas a zobrazí se na druhé skupině matic. Čas z druhé skupiny matic se přesune na třetí skupinu matic. Poté se čas vymaže z paměti.

4 Finální realizace

Finální konstrukce (Obr. 19) se skládá z pěti stativů. Na dvou stativech jsou připevněna optická čidla a na dvou stativech jsou odrazky o rozměrech odrazné plochy 50 x 50 mm. Na pátém stativu je pomocí stativové hlavy přidělena zobrazovací jednotka. Optická čidla jsou propojena se zobrazovací jednotkou pomocí kabelu LIYY 5 x 0,25 mm². Dále konstrukce obsahuje dva vodiče zakončené pomocí krokosvorek pro připojení baterie a EURO kabel pro připojení k síťovému napětí (Obr. 20).

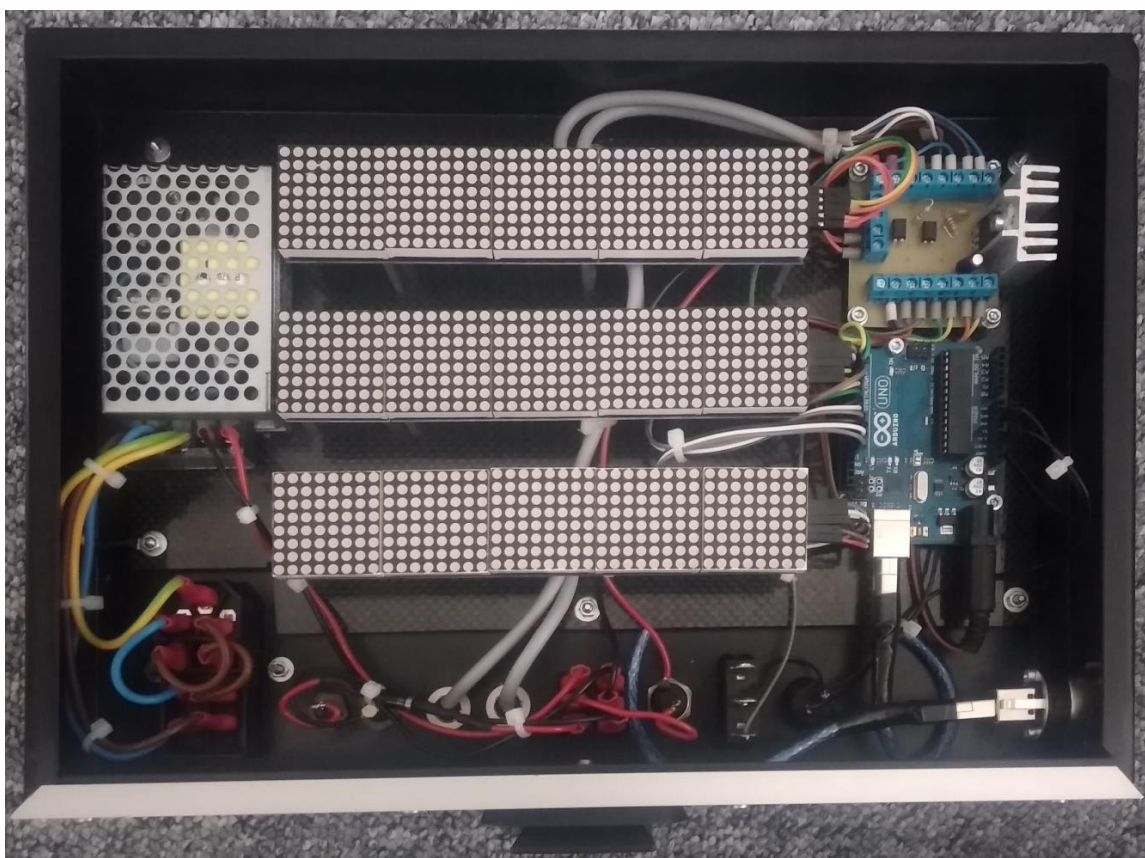


Obr. 19 - Pohled na výslednou konstrukci

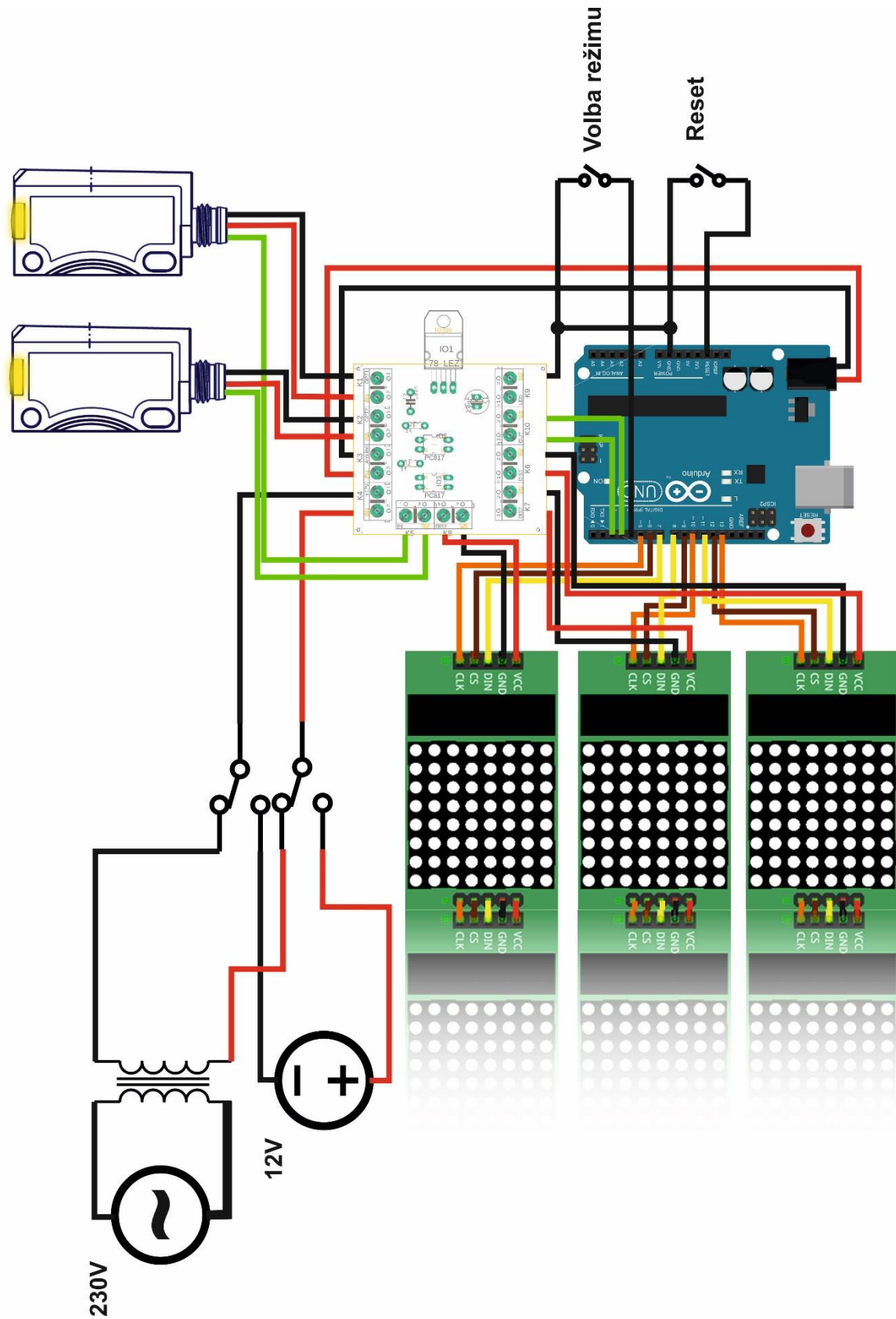


Obr. 20 - Pohled na zobrazovací jednotku zezadu

V zobrazovací jednotce (Obr. 21) jsou na desce přidělané jednotlivé komponenty, v rozložení a zapojení, které je vidět na Obr. 22.



Obr. 21 - Pohled dovnitř zobrazovací jednotky



Obr. 22 - Rozložení zobrazovací jednotky se zapojením

Závěr

Úkolem této práce bylo navrhnout a sestrojít zařízení pro přesné měření času s přesností na tisíce sekund. V první části byl vysvětlen účel požadovaného zařízení a základní principy a funkce jeho jednotlivých součástí.

V druhé části byla na základě požadavků navržena optická, elektronická i konstrukční část. Výsledkem práce je optická závora výškově nastavitelná a zobrazovací část se zobrazováním aktuálního měřeného času a pamětí dvou předchozích. Celé zařízení je možné provozovat jak na síťovém napětí, tak i v terénu na 12 V baterii.

V poslední části práce je popisován samotný software. Software mikroprocesoru se stará o snímání průjezdů a výpočet výsledného času.

Stopky lze použít i k jiným účelům než je měření času studentské formule. Například na automobilové sprinty nebo měření času při jízdě zručnosti. Mohou být použity i v neautomobilových soutěžích např. na běžeckých závodech.

Vytvořené stopky byly vyzkoušeny na odlehle komunikaci za slunečného počasí, napájeny z 12 V baterie. Jako testovací vozidlo byl použit osobní automobil výrobní značky Renault Thalia. Čas byl současně měřen ručními digitálními stopkami Mamutan Run. Rozdíl času byl do jedné desetiny sekundy, což mohlo způsobit zpoždění při zmáčknutí ručních stopek.

Nákup potřebných komponentů k sestavení zařízení a jeho vývoji přišlo na 12 846 Kč. Plech na výrobu krabičky pro zařízení dodala a následnou povrchovou úpravu práškovou barvou provedla zdarma firma Duppo v.o.s.

Hlavní přínosy práce:

1. V práci je popsána problematika při návrhu zařízení pro přesné měření času a vysvětlený princip jednotlivých částí.

2. Návrh vlastní konstrukce zařízení.
3. Vytvoření softwaru pro výpočet a zobrazování času.
4. Zařízení bylo sestrojeno a vyzkoušeno.

Možné plány dalšího vývoje:

1. Bezdrátový přenos signálu od optických závor.
2. Komunikace po sériové lince s PC a zápis časů do přehledných tabulek.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Formula Student* [online]. [cit. 2019-06-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Formula_Student
- [2] *Formule E* [online]. [cit. 2019-06-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Formule_E
- [3] *Formula Student Electric* [online]. [cit. 2019-06-04]. Dostupné z: <https://mazur-events.de/fs-world/E/>
- [4] *Formule ČVUT* [online]. In: . [cit. 2019-06-04]. Dostupné z: <https://eforce.cvut.cz/garaz/>
- [5] QUAN, Pham Van. *Nízkonákladové řídicí platformy* [online]. Praha, 2016 [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/65613/F2-BP-2016-Pham-Van%20Quan-Bakalarska_prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [6] Arduino Uno. In: *Arduino.cz* [online]. [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: <https://arduino.cz/programujeme-arduino/>
- [7] *Průvodcem světem Arduina* [online]. 2014 [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: <https://www.robotikabrno.cz/docs/arduino/Pr%C5%AFvodce-sv%C4%9Btem-Arduina-CZ.pdf>
- [8] LED matice s MAX7219. In: *Wouterlood* [online]. [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: <http://www.zonnepanelen.wouterlood.com/7-controlling-a-max7219-dot-led-matrix-module-with-an-arduino-nano/>
- [9] Spínaný zdroj. *Wikipedia* [online]. [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sp%C3%ADnan%C3%BD_zdroj

- [10] *Blokové schéma spínaného zdroje* [online]. In: . [cit. 2019-05-30].
Dostupné z:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Spinany_zdroj_blokove_schema.png
- [11] *Stabilizovaný zdroj* [online]. [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Stabilizovan%C3%BD_zdroj
- [12] Schéma zapojení stabilizovaného zdroje. In: *Hobby elektro* [online]. [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: http://www.hobbyelektro.eu/wp-content/uploads/2014/01/schema_stabilizator7812.png
- [13] Laserová závora stavebnice. In: *Flaz* [online]. [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: https://eshop.flajzar.cz/1283-thickbox_default/laserova-zavora-externi-stavebnice.jpg
- [14] Knihovna LedControl [online]. [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/docs/texty/0/274/ledcontrol.zip>