



Středoškolská technika 2017

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Pendl – ovládání modelu vlaku na jednokolejné trati

Lukáš Pavlásek

**Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Nymburk, V Kolonii 1804
V Kolonii 1804, 288 02 Nymburk**

Obsah práce

Úvod	str. 3
Návrh a výroba prototypu	str. 3
Finální verze	str. 5
Popis Firmware	str. 8
Popis Funkce	str. 9
Přílohy	str. 10
Potřebné programy	str. 18
Fotodokumentace domácí výroby plošných spojů	str. 19
Závěr	str. 26
Zdroje	str. 26

Úvod

Úkolem této práce bylo navrhnout zařízení, které bude automaticky ovládat pohyb vlaku na libovolně dlouhé jednokolejné trati mezi dvěma stanicemi a zároveň vypisovat stav zařízení na LCD displeji. Pro demonstraci tohoto systému nám slouží tzv. Výseč s přibližnou délkou cca 1m se dvěma zastavovacími úseky. Doba stání je nastavena v programu. Ovládání je možné jak pro analogové systémy, tak i pro digitální lokomotivy v režimu analogového ovládání.

Na obr. 1 vidíte pohled na položené koleje po kterých se bude pohybovat model lokomotivy z jedné strany na druhou a zpět. Jedná se o modelové měřítko N, které je oproti skutečnosti 160x zmenšené.



Obr. 1: Kolejový úsek demonstrující dvě stanice

Návrh a výroba prototypu

Prototyp byl sestaven a otestován na kontaktním poli. Prvotní úvaha byla jej založit na ovládání pomocí mikroprocesorové techniky. Pro testování programu jsem vybral klon Arduino Mega 2560, které obsahuje 16 analogových vstupů, 54 digitálních výstupů z toho třináct pinů jsou s pulzní modulací pro LED, deset pro ovládání TTL logiky a třicet jedna digitálních výstupů. Celkový program včetně Arduino bootloADERu zabírá přibližně 8kB, celá velikost programovatelné paměti bez bootloADERu je přibližně 256kB.

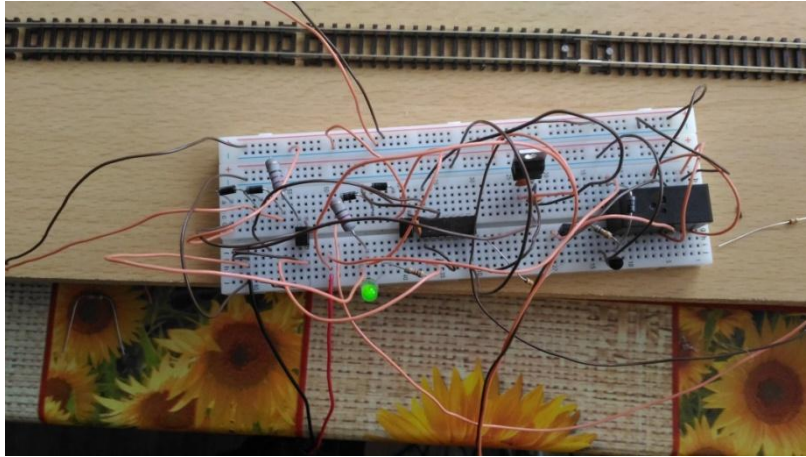
Když byl prvotní pokus uskutečněn, tak jsem zjistil, že do obvodu musí být začleněn integrovaný obvod 74HC00 pro tvarování signálu a ochranu desky před zničením, protože při obsazení úseku jsem spínal tranzistor, který desku přetěžoval, proto jsem hledal další informace a prováděl pokusy, až se povedlo ochránit desku před zničením tím, že jsem do celkového obvodu začlenil již zmíněný integrovaný obvod. Digitálním osciloskopem OWON jsem ověřil obsazenost úseku a také jestli nám ocelová kolečka nespínají úsek při jeho odjezdu. Problém dělaly vagony s osvětlením.

Systém je převzat z mého kolejiště ve velikosti N, které je ve stádiu stavby, kde tímto programem ovládám automatický výjezd lokomotivy z výtopny do nádraží a na druhé desce

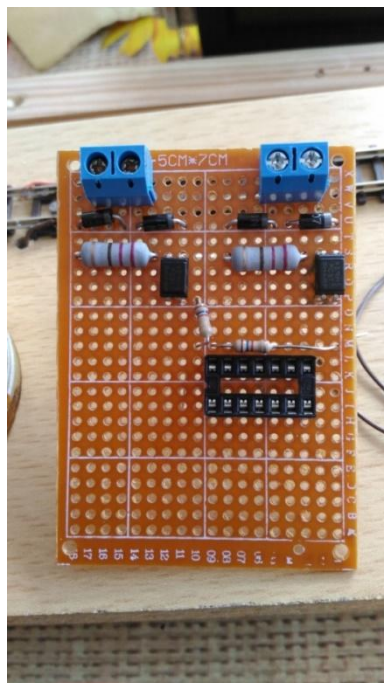
Arduina je řízena hlavní jednokolejná trať v obou směrech. (rozdělil jsem to na dvě arduina aby se mohli ovládat nezávisle na sobě). Nápad k ovládní kolejiště Arduinem je výzva mezi mnou a bývalými spolužáky.

Možnosti rozšíření programu jsou velmi velké. Buď je zde možnost rozšířit systém o odpočet doby na sedmi segmentovém displeji v každém úseku a nebo zařazení křižovacího úseku mezi stanicemi.

Na obr. 2 najdete úspěšnou zkoušku na kontaktním nepájivém poli, kde byla otestována funkčnost prototypu. A na obr. 3: již vidíte stavbu finální verze po důkladném otestování.



Obr. 2: Úspěšná zkouška na kontaktním poli



Obr. 3: Stavba finální verze č.1. na děrovém poli

Vývoj tohoto modulu se stal základem k vývoji další sady modulů pro ovládání kolejiště již zmíněné velikosti za pomoci Arduino Mega 2560. A to zejména vývoje modulů pro ovládání jak elektromagnetických přestavníků, ale tak i pro vývoj ovládacích modulů motorických přestavníků.

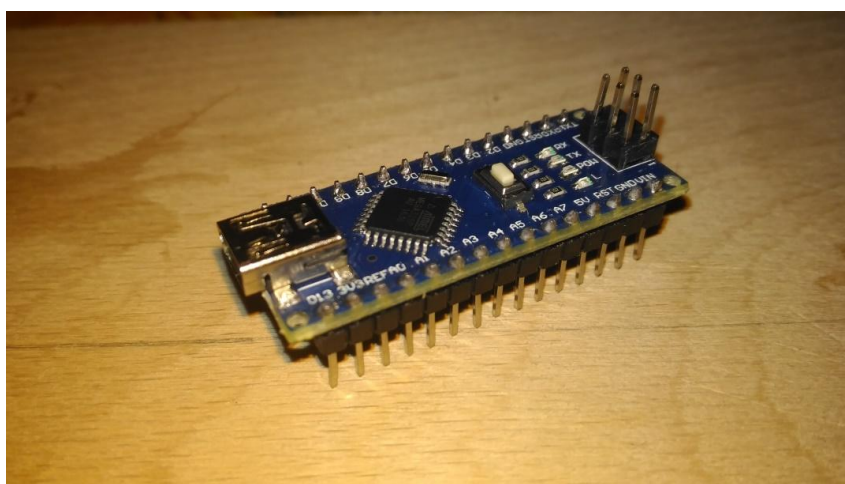
Finální verze

Pro finální verzi jsem vybral Arduino Nano v3.0, která má 13 digitálních výstupů a 8 analogových vstupů. Velikost programovatelné paměti je 32kB což nám bude stačit pro ovládání LCD displeje a zpracovávání načtených dat v předem nadefinovaném programu, který má za úkol ovládat zařízení. V našem případě Pendl. Na to, abych mohl již zmíněné Arduino naprogramovat a zapojit do obvodu, jsem si musel vytvořit na kousku děrovaného pole (bastl desky) patici pro programování a vyvedení potřebných pinů již zmíněného arduina.

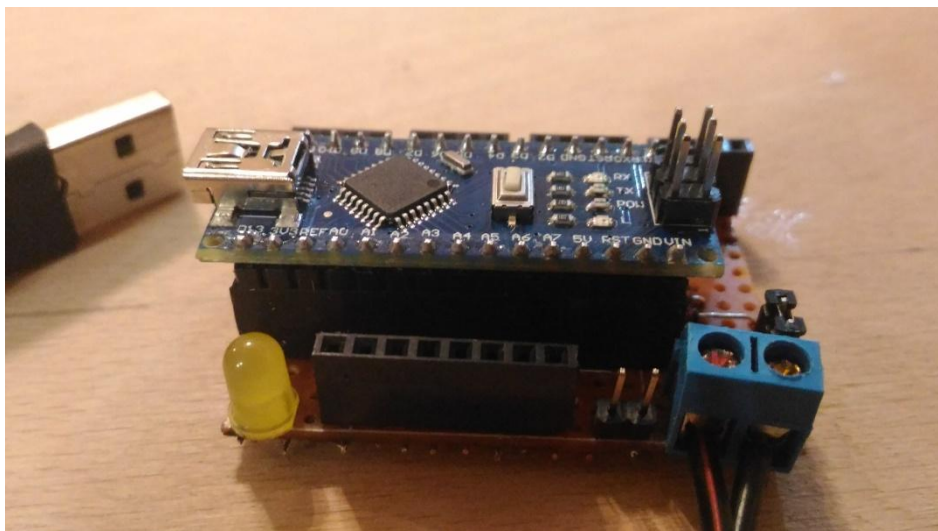
Při prvotním spuštění desky se mi vyskytl problém ten, že mi prodali Arduino desku s neoriginálním převodníkem. Pro uvedení do provozu této desky je zapotřebí internet, kde stáhneme potřebné ovladače k převodníku. Jinak neoriginální deska od desky s originálním převodníkem není nikterak odlišná.

Z nedostatku času a také z důvodu, že potřebné věci nebyly v internetových či kamenných obchodech skladem, tak byly vstupní a výstupní obvody postaveny na již zmíněných bastl deskách. Experimentální deska obsahuje nejen čtení dat z obsazeného úseku, ale i stabilizátor 5V pro display LCD a tvarovací hradlo NAND.

Na obr. 4 můžeme vidět modul Arduino Nano V3.0 a na obr. 5 můžeme modul Arduino vidět v programovacím modulu, který jsem zhotovil ze šuplíkové zásoby (odřezku děrovaného pole), kde je také pro správnou polaritu napětí zapojení diodový můstek s diodami 1N4148.



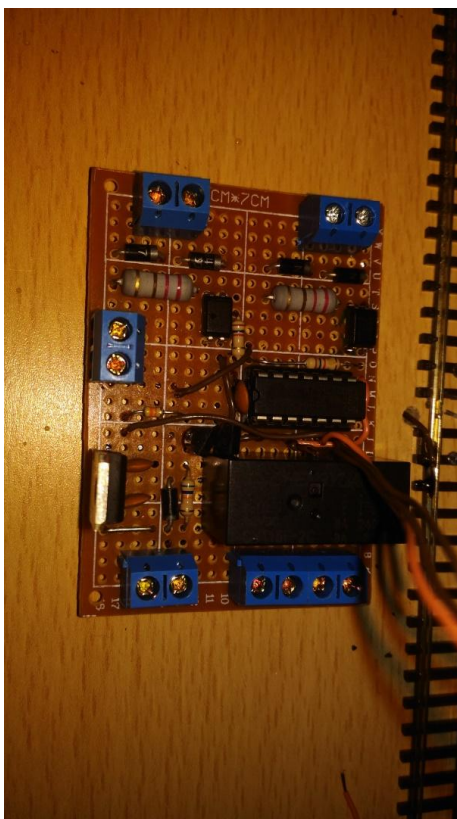
Obr. 4: Arduino nano V3.0



Obr. 5: Arduino umístěné v programovacím modulu

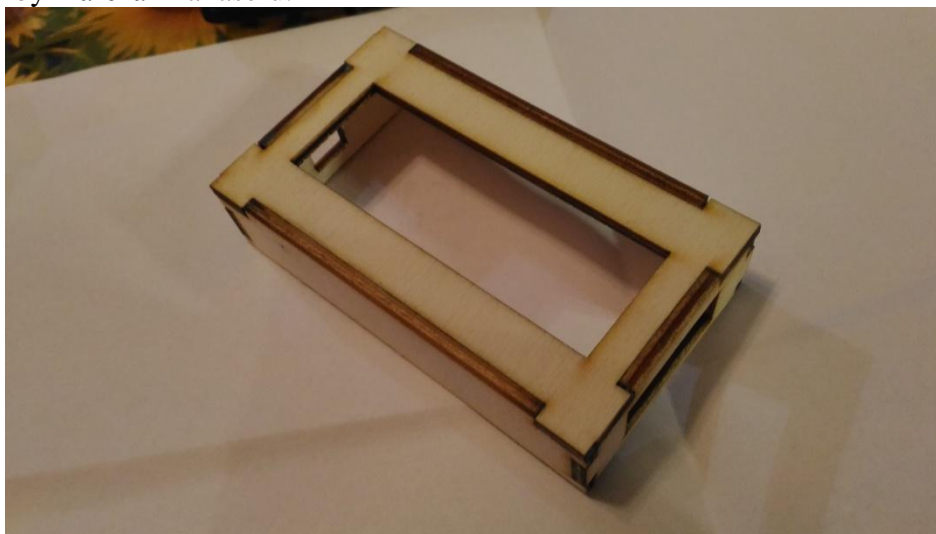
Zapojení se čtyřmi diodami, kterými si převádím obsazenost úseku na digitální signál nabývajících logických stavů 0 a 1 a optronem, mi doporučil můj známý elektronik vyrábějící moduly pro modeláře MZ Zajíc..

Jinak na obr. 6 je pohled na již hotový hlavní modul, který nám zjišťuje a také řídí celý Pendl.



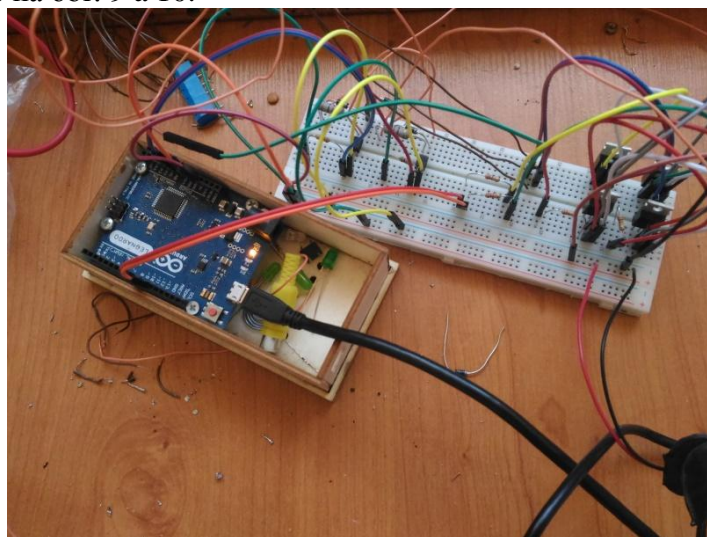
Obr. 6: pohled na hotový hlavní modul

Na obr. 7 můžeme vidět slepený obal k displeji LCD před nabarvením a kitováním. Tento obal byl nařezán na laseru.

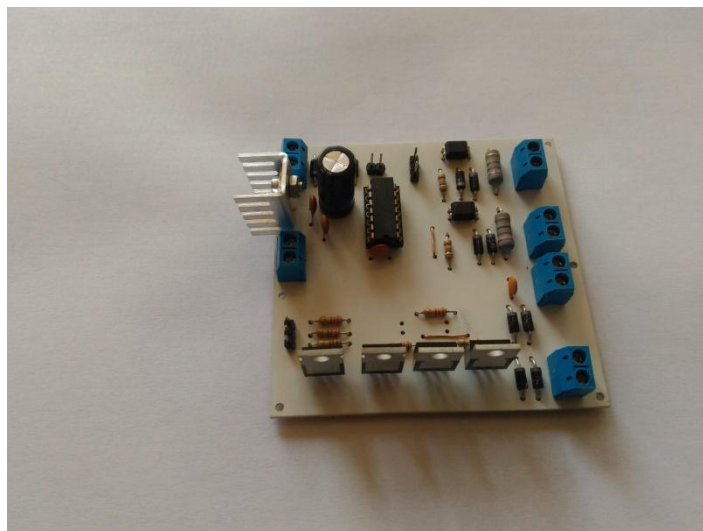


Obr. 7: Nebarvený obal LCD displeje

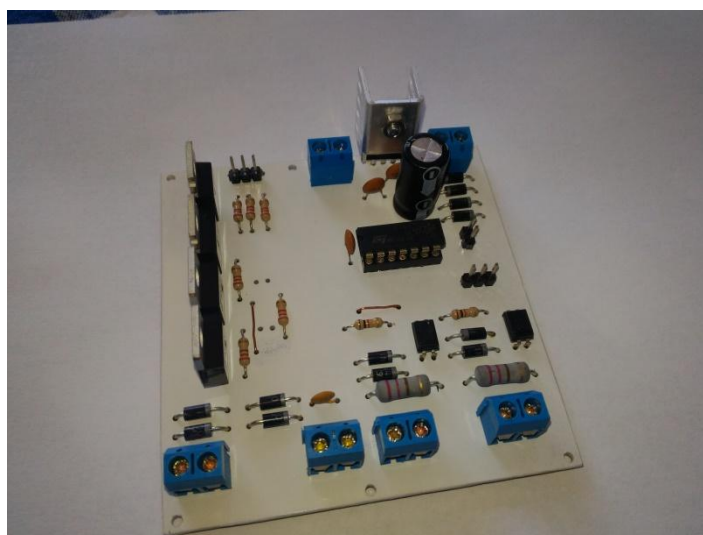
Při znovu zapojování modulu na obr. 6 jsem zjistil, že celý modul je špatně navržen a tak jsem hledal v časopise Amatérské rádio, kde jsem našel zapojení s názvem „Intervalový spínač s H můstkem“. Po menší úpravě, protože jsem tranzistory PNP neměl stejného typu v šuplíkových zásobách, jsem celé zapojení umístil na cuprexit, protože mi už domů dorazil a tak jsem nemusel toto zapojení stavět na děrové pole. Úspěšný test desky je na obr. 8. Pohled na hotový modul je na obr. 9 a 10.



Obr. 8: Nový modul postavený na nepajivém kontaktním poli



Obr. 9: Pohled č. 1 na nový modul



Obr. 10: Pohled č. 2 na nový modul

Popis Firmware

Firmware byl napsán v programovacím studiu Arduino IDE, které využívá programovací jazyk Wiring, který je odvozený z programovacího jazyků C a C++.

Původní program, který jsem při testu aplikoval, byl odzkoušen bez problému. Rovněž pracovalo zobrazování na displeji LCD či signalizace obsazenosti úseku včetně nastavení času v daném úseku.

Tento program (tabulka č. 1:) neobsahuje žádný uvítací text, protože jeho velikost na čipu je velmi malá a tak doba náběhu trvá řádově milisekundy.

Tabulka č. 1: Program pro ovládání Pendlu bez LCD (základní)

```
byte sm1 = 2;
byte sm2 = 3;
byte d1 = A0;

int b;

void setup() {
  pinMode(sm1, OUTPUT);
  pinMode(sm2, OUTPUT);
  pinMode(d1, INPUT_PULLUP);
}

void loop() {
  b=digitalRead(d1);

  digitalWrite(sm1, LOW); digitalWrite(sm2, HIGH);

  if(b<1)
  {
    delay(15000);
    digitalWrite(sm1, HIGH); digitalWrite(sm2, LOW);
    delay(100);
  }
}
```

Popis funkce

Program jsem rozšířil o startovací text po zapnutí, který se v době náběhu desky zobrazí. Po naběhnutí firmwaru Arduina již můžeme nastavit na regulátor požadovanou rychlost lokomotivy. Čas mezi dvěma zastavovacími úseky je pevně daný, ale lze jej rozšířit pomocí modulu, který je postavený z hradel NAND a také se musí doplnit program o pár řádků. Tento modul nám umožňuje nastavit dva libovolné časy v obou zastávkách.

Jinak po příjezdu z bodu A do bodu B dojde k nastavení logické jedničky na vstupu set u klopného obvodu RS a po dané časové prodlevě se obrátí polarita a vlak se rozjede z bodu B do bodu A. Tudíž dojde k nastavení logické jedničky na vstupu reset u RS klopném obvodu. A tak se vlak pohybuje stále z jednoho bodu do druhého s danými časovými prodlevami. Toto lze aplikovat i na trať s dlouhou vzdáleností.

Dále není problém pomocí výkonnějšího arduina anebo dalšího arduino vytvořit křižovací stanici, kde lze dva vlaky mezi sebou překřížit – toto se dá využít například na jednokolejně lokálce.

Ani není problém pomocí invertorů složených z hradel NAND přidělit v programu dva časy na odjezdu, které si libovolně určíme.

Vše bylo zapojeno na desce překlíčky, kterou jsem orámoval z důvodu přehlednosti a také lepšího vzhledu celého zařízení.

Možná vylepšení pro budoucí verze jsou následující. U Arduina, kterým budeme ovládat náš Pendl, lze použít až dvě časovací desky tvořené hradlem NAND zapojené jako invertor. U desek s více analogovými piny jich můžeme použít více (počet pinů dělte čtyřmi). Pokoušel jsem časové desky vytvořit s invertory 74HC05, ale již zmíněné invertory mi resetovali Arduino při stavbě na nepajivém kontaktním poli, a tak jsem je musel realizovat již zmíněnými hradly.

Přílohy

Nastavení času zastávek užitím propojek

A) Tři časy pro zastávku

Tabulka č. 2: S časovým rozložením pinů stanice

Čas	JP1	JP2	Čas v milisekundách
30s	1	0	30 000
1 min 30s	0	1	90 000
1 min 50s	1	1	110 000

B) Šest časů pro zastávku

Tabulka č. 3: S časovým rozložením pinů stanice A

Čas	JP1	JP2	JP3	JP4	Čas v milisekundách
20 s	1	0	0	0	20 000
40 s	0	1	0	0	40 000
1 min	0	0	1	0	60 000
1 min 20 s	0	0	0	1	80 000
1 min 40 s	1	0	0	1	100 000
2 min	1	0	1	0	120 000

C) Tři časy pro zastávku s výpisem na LCD

Tabulka č. 4: S časovým rozložením pinů stanice A

Čas	JP1	JP2	Čas v milisekundách
30s	1	0	30 000
1 min 30s	0	1	90 000
1 min 50s	1	1	110 000

D) Šest času pro zastávku s výpisy na LCD

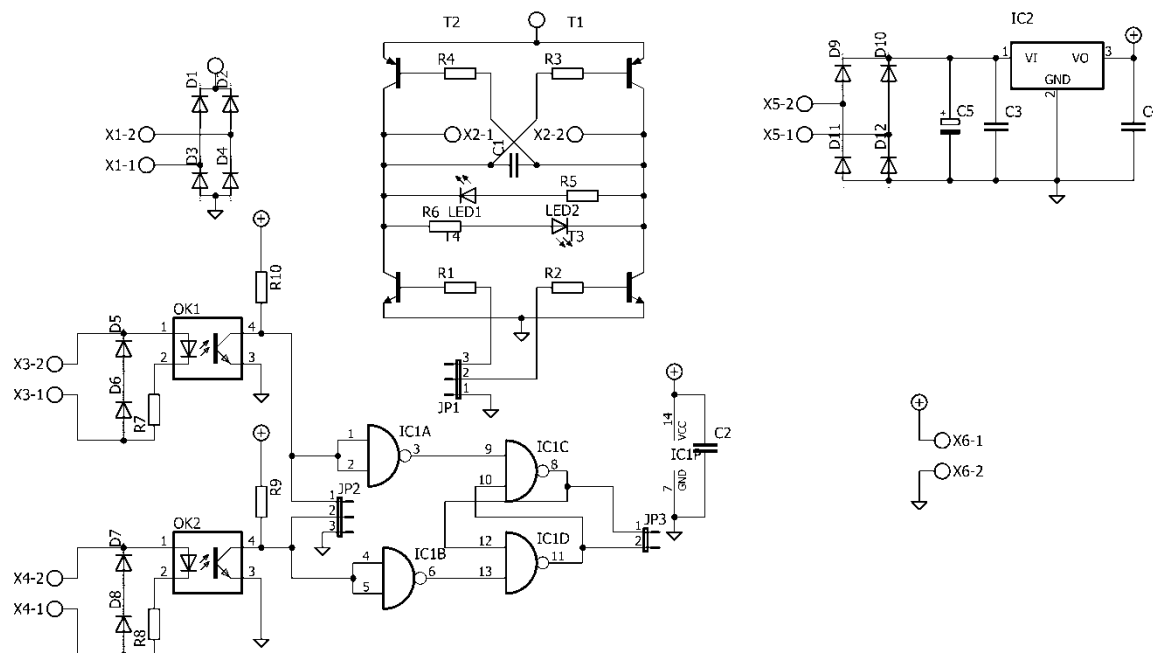
Tabulka č. 5: S časovým rozložením pinů stanice A

Čas	JP1	JP2	JP3	JP4	Čas v milisekundách
20 s	1	0	0	0	20 000
40 s	0	1	0	0	40 000
1 min	0	0	1	0	60 000
1 min 20 s	0	0	0	1	80 000
1 min 40 s	1	0	0	1	100 000
2 min	1	0	1	0	120 000

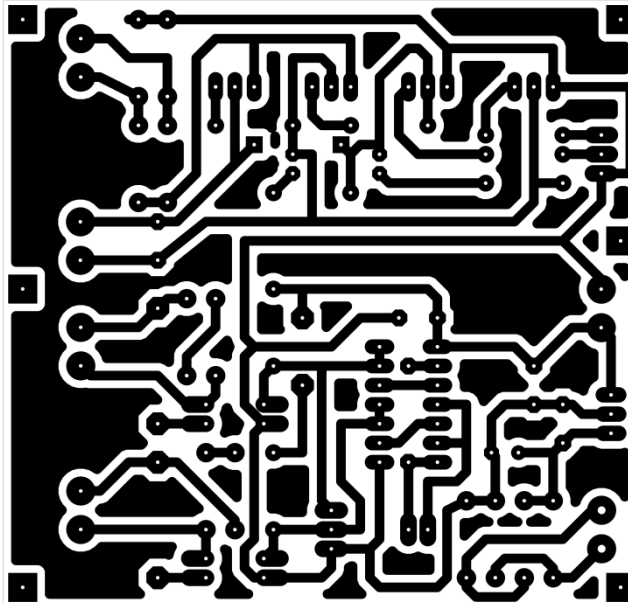
Schéma zapojení a plošný spoj vstupního a výstupního modulu

Modul obsahuje nejen logickou signalizaci obsazenosti úseku, ale i 5V stabilizátor pro napájení vstupního modulu, Arduina a displeje LCD. Na displej LCD jsou zobrazovány jednotlivé kroky, které čip právě provádí. Je to vhodné k rychlejší diagnostice poruchy.

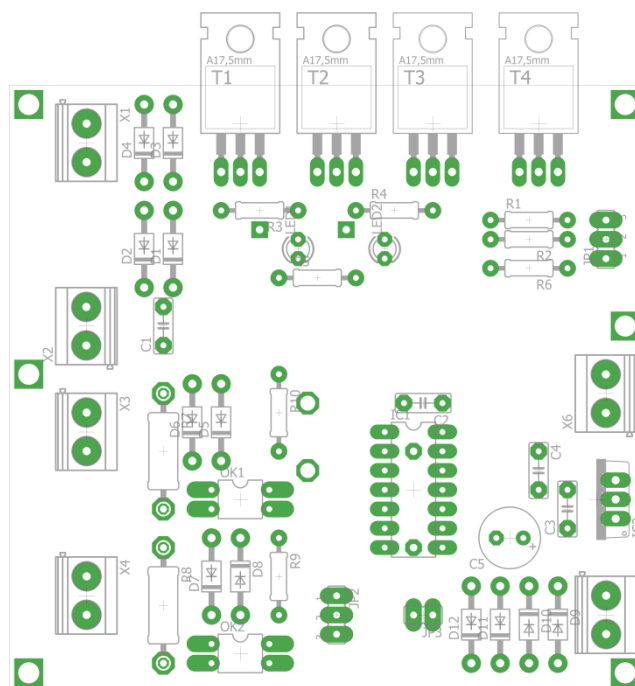
Výstupní modul lze připojit jak na analogové, tak i digitální piny arduina na rozdíl od modulu, který je určen pro nastavení času.



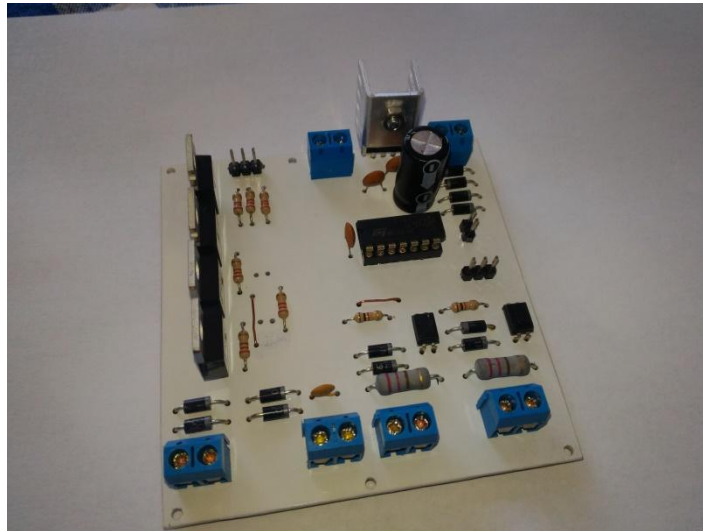
Obr. 11: Schéma zapojení vstupního a výstupního modulu



Obr. 12: Obrázek plošných spojů



Obr. 13: Rozmístění součástek



Obr. 14: Pohled na osazený modul

Tabulka č. 6: Jednoduchý program pro ovládání

```
byte sm1 = 2;
byte sm2 = 3;

void setup() {
  pinMode(sm1, OUTPUT);
  pinMode(sm2, OUTPUT);
}

void loop() {

  digitalWrite(sm1, LOW); digitalWrite(sm2, HIGH);
  delay(15000);
  digitalWrite(sm1, HIGH); digitalWrite(sm2, LOW);
  delay(15000);
}
```

Schéma zapojení a plošný spoj desky pro nastavení času

Modul obr.15 obsahuje jednu propojku JP5 pro vypnutí/zapnutí a dále pak čtyři pro kombinování (nastavení) požadovaného času. Propojky JP3 – JP4 slouží pro nastavení času ve stanici A a propojky JP1 a JP2 slouží pro nastavení času ve stanici B.

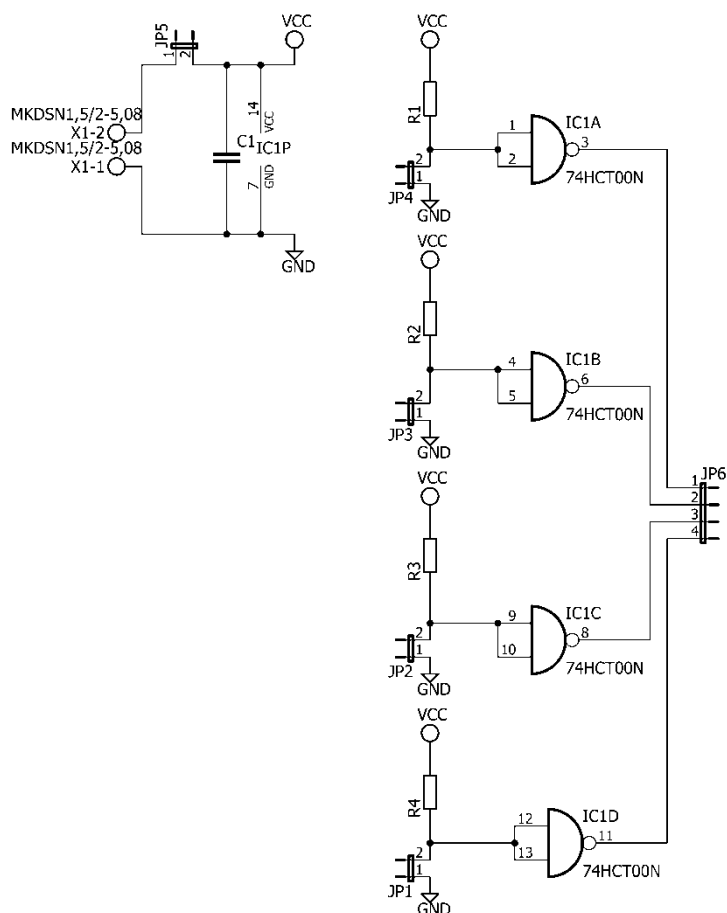
Předem nastavený čas v programu si můžeme volit dle tabulek č. 2, č. 3, č. 4 a č. 5, které nalezneme v kapitole Nastavení času zastávek užitím propojek.

Čas se nastavuje tím, že na příslušných pinech JP1 – JP4 nasadíme zkratovací propojku (dle tabulky) a tím dojde k nastavení zvoleného času, který jsme si předem určili.

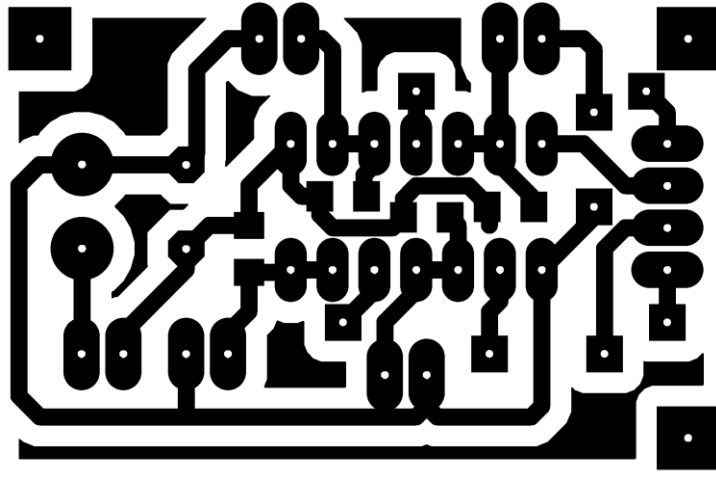
Při propojení propojky je na výstupu hradla log. 1 a při odpojení propojky je na výstupu log. 0. V programu je možné pár řádky si vytvořit časy 4^2 neboli 16 různých časových prodlev. Jinak arduino je za pomoci podmínek naprogramováno tak, aby reagovalo pouze na logickou jedničku a výchozí stav (všechny piny pro zastávku v log. 0) je nastaven výchozí stav o přibližné časové prodlevě cca 45s.

Časové prodlevy si volí uživatel sám dle svého uvážení.

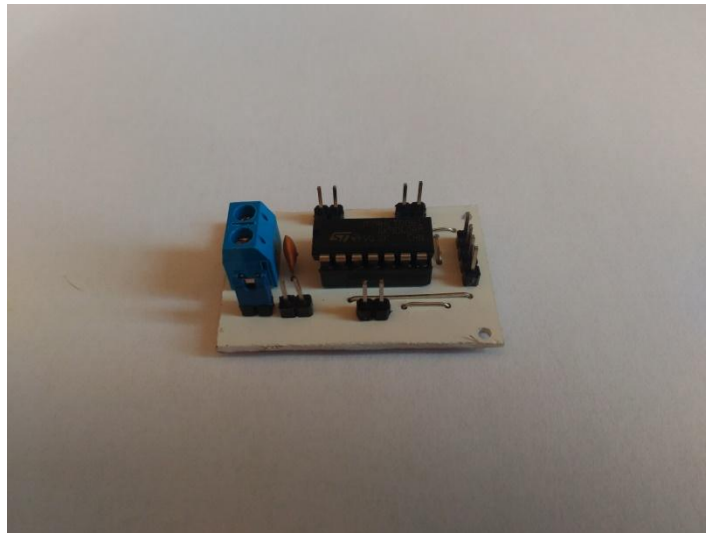
U tabulek č. 2, č. 3, č. 4 a č. 5 je první sloupec čas vyjádření v minutách a sekundách a pak dva až čtyři sloupce jsou příslušné piny na kterých kombinujeme a v posledním sloupečku je čas programu vyjádření v milisekundách. Hodnoty z posledních sloupečků se zapisují do programu.



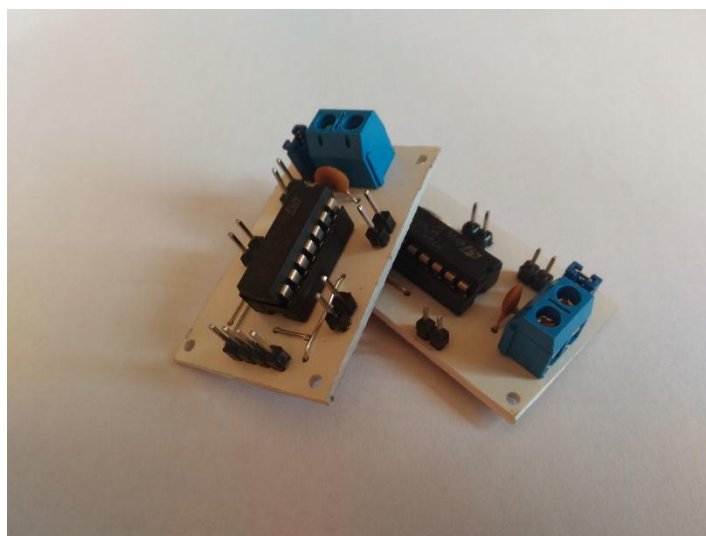
Obr. 15: Schéma zapojení desky pro nastavení času



Obr. 16: Obrazec plošného spoje nastavení času



Obr. 17: Pohled na osazený modul nastavení času



Obr. 18: Moduly připravené k montáži

Tabulka č. 7: Technické parametry

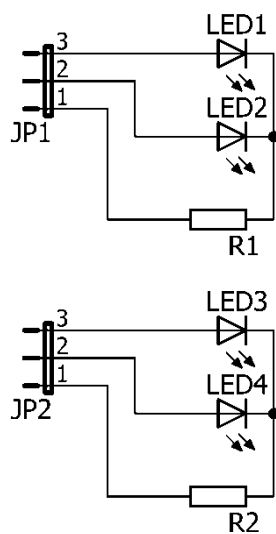
Napájecí napětí	5V DC
Odebíraný proud	22mA
Možná náhrada za 74HCT00	74LS00, MH7400

Tabulka č. 8: Seznam materiálu

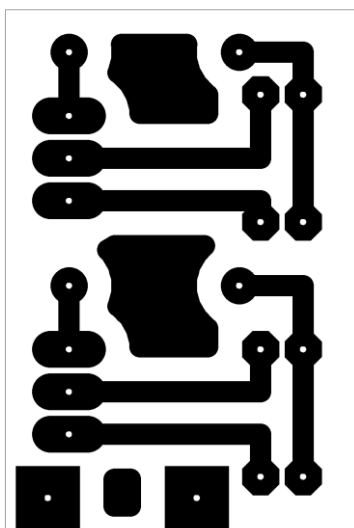
Ks	Název součástky	Označení ve schématu
1	Lámací oboustranný kolík (2 pin)	JP ₁ , JP ₂ , JP ₃ , JP ₄ , JP ₅ , JP ₆
4	Odpor SMD 1K CR1206	R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄
5	Zkratovací propojka	JP ₁ , JP ₂ , JP ₃ , JP ₄ , JP ₅
1	Patice DIL14 (pod)	IC ₁
1	Keramický kondenzátor 100n	C ₁
1	Svorkovnice do DPS RM5,00	X ₁
1	Integrovaný obvod 74HCT00	IC ₁

Schéma zapojení a plošný spoj LED signalizace obsazenosti úseku

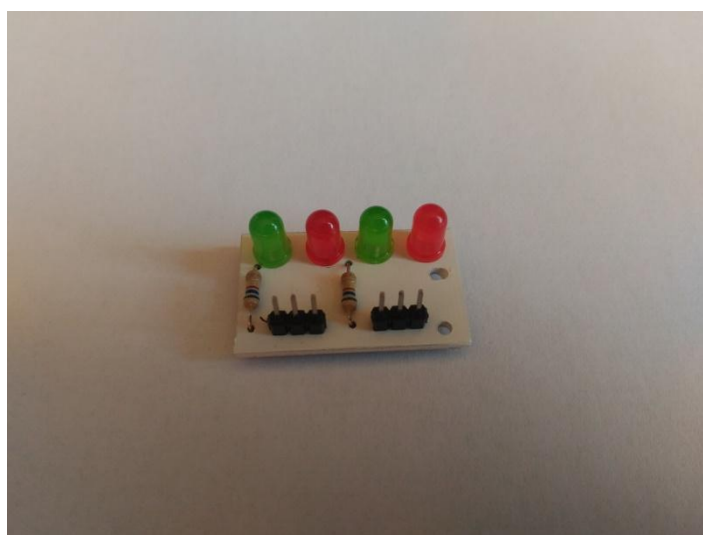
Jedná se o modul, kterým lze rychle provést diagnostiku, proč vlak neodjel z bodu A do bodu B.



Obr. 19: Schéma zapojení signalizace



Obr. 20: Obrazec plošných spojů



Obr. 21: Pohled na osazený modul

Tabulka č. 9: Technických parametrů

Napájecí napětí	5V DC
Odebíraný proud	5 – 8 mA
Společný vývod	Katoda

Tabulka č. 10: Seznam materiálu

Ks	Název součástky	Označení ve schématu
2	LED 5mm zelená	LED ₁ , LED ₃
2	LED 5mm červená	LED ₂ , LED ₄
2	Odpor 560R nebo 680R	R ₁ , R ₂
2	3 piny z oboustranného kolíku	JP ₁ , JP ₂

Potřebné programy

Eagle 7.4.0 - Windows

Program je freeware.

V tomto programu byly realizovány návrhy schémat zapojení a plošných spojů. Bohužel z důvodu malého místa na velké projekty a nová verze pod firmou Autodesk mě donutila tento program opustit, protože upravené knihovny z předchozích verzí mi nejdou načíst a také si nelze zakoupit už licenci, ale jen pronajmout. Proto jsem se rozhodl zkusit jiný software od jiného výrobce. Zatím mám studentskou verzi od firmy FlowCad, kterou zatím začínám studovat.

DraftSight - Windows

Program je freeware.

Jedná se bezplatný 2D CAD ve kterém byla realizována veškerá výkresová dokumentace, která byla poté exportována do příslušného programu k následné práci.

Arduino IDE - Windows

Program je freeware

Byly zde napsány veškeré programy pro Arduino. A také sloužil k nahrání napsaných programů do desek. Veškeré programy byli testovány na desce Arduino UNO a po té nahrány do požadovaných typů desek.

LaserWork – Windows

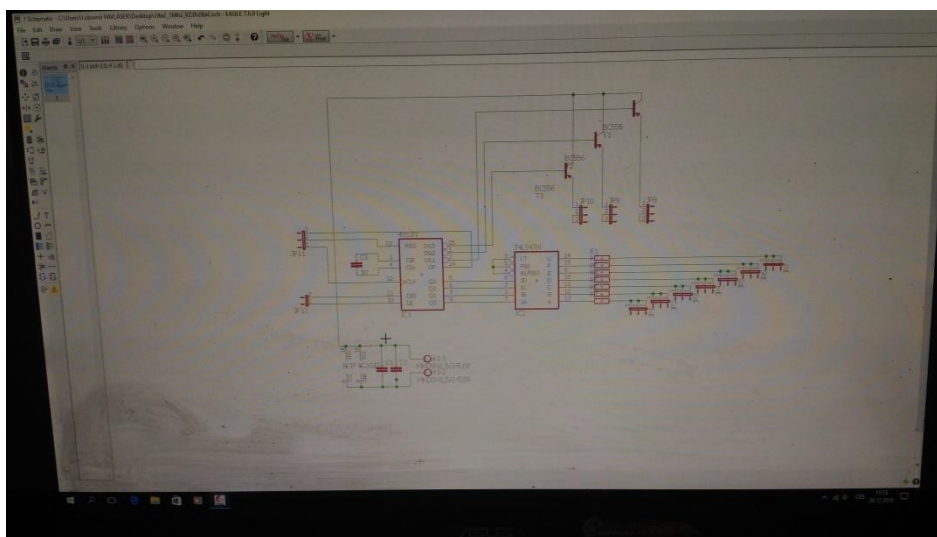
Placený program společně se strojem.

V tomto programu byla upravována výkresová dokumentace pro následné vyřezání do překližky.

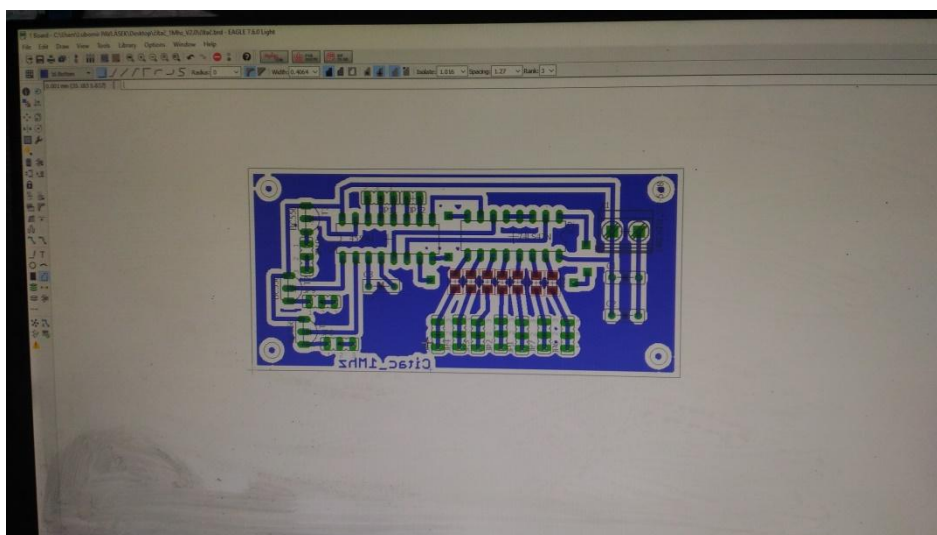
Fotodokumentace domácí výroby plošných spojů

Fotografie z mé domácí výroby plošných spojů nejsou fotky z výroby plošných spojů pro toto kolejiště, ale z jiných projektů či referencí na mé výrobky.

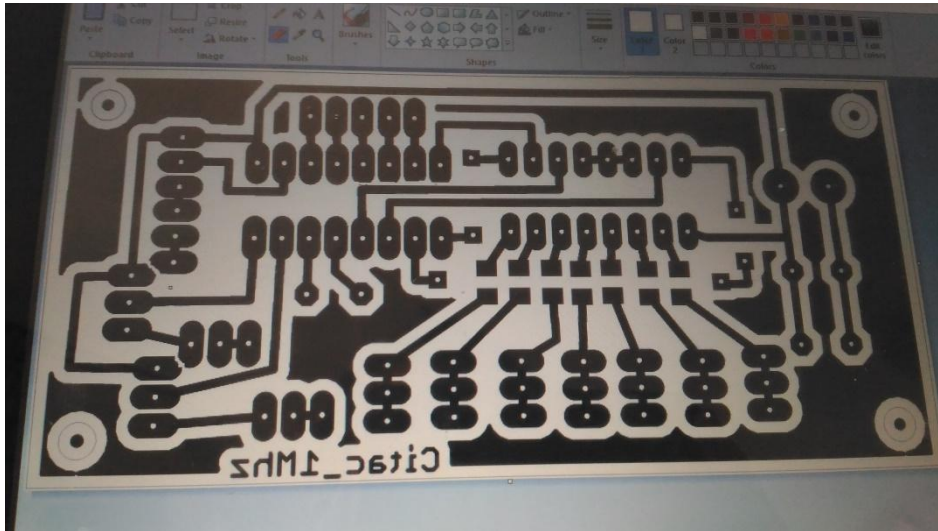
Foto předloha neboli matrice se vytvoří na PC a po té vytiskne na pauzovací papír.



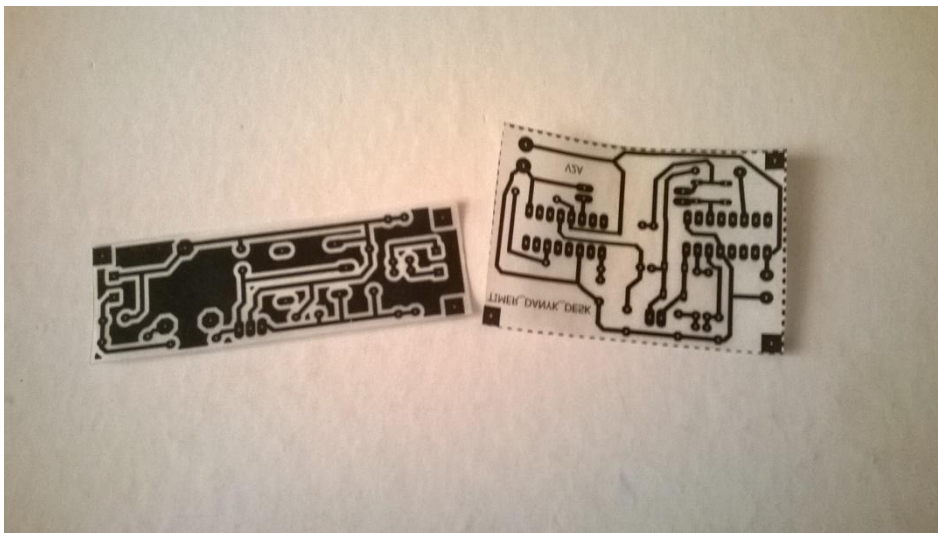
Obr. 22: Schéma zapojení v programu Eagle



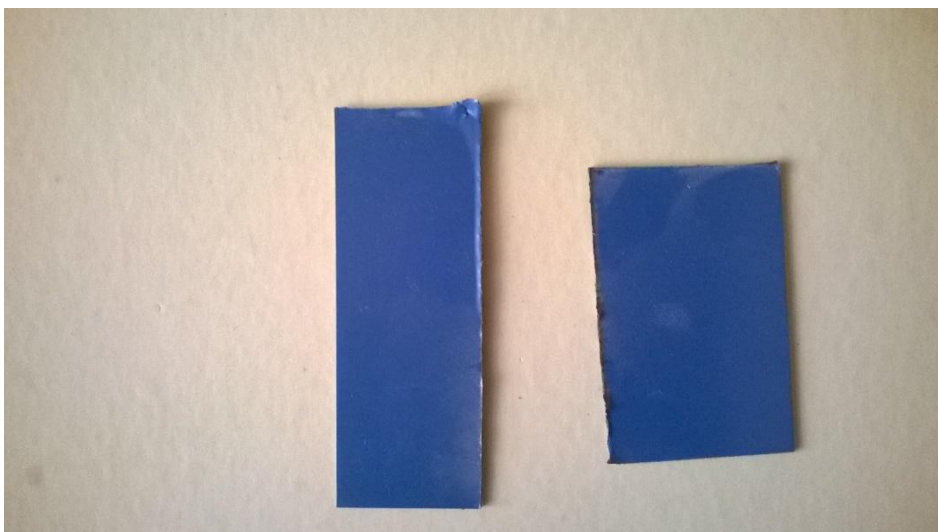
Obr. 23: Editor plošného spoje v Eagle pro dané schéma



Obr. 24: Grafická korekce v malování



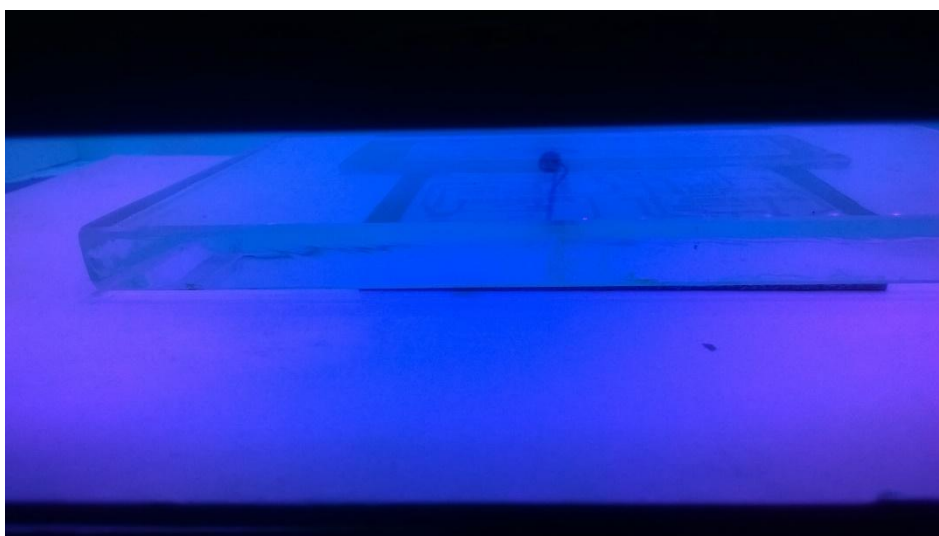
Obr. 25: Matrice určeného spoje na pc vytištěná na pauzovací papír



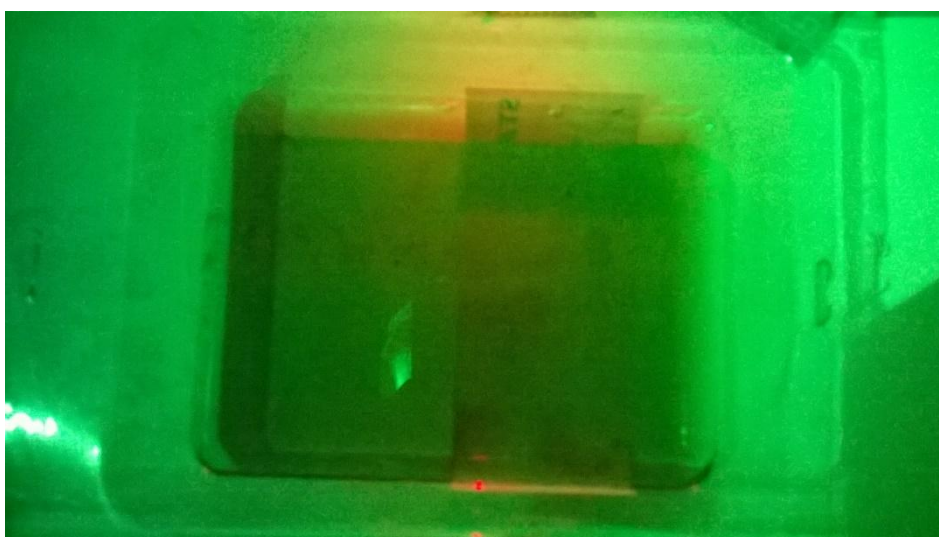
Obr. 26: Připravený cuprexit



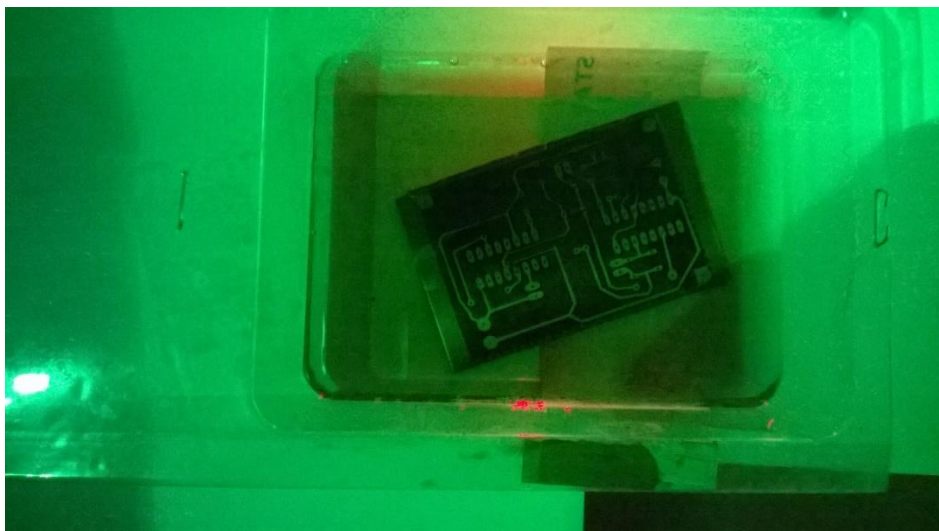
Obr. 27: Příprava pro osvit



Obr. 28 : Osvit na LED osvětlovače plošných spojů



Obr. 29: Vyvolání plošných spojů v NaOH 10%



Obr. 30: Téměř vyvolaný plošný spoj



Obr. 31: Vyvolané plošné spoje



Obr. 32: Pohled na připravené plošné spoje k leptání



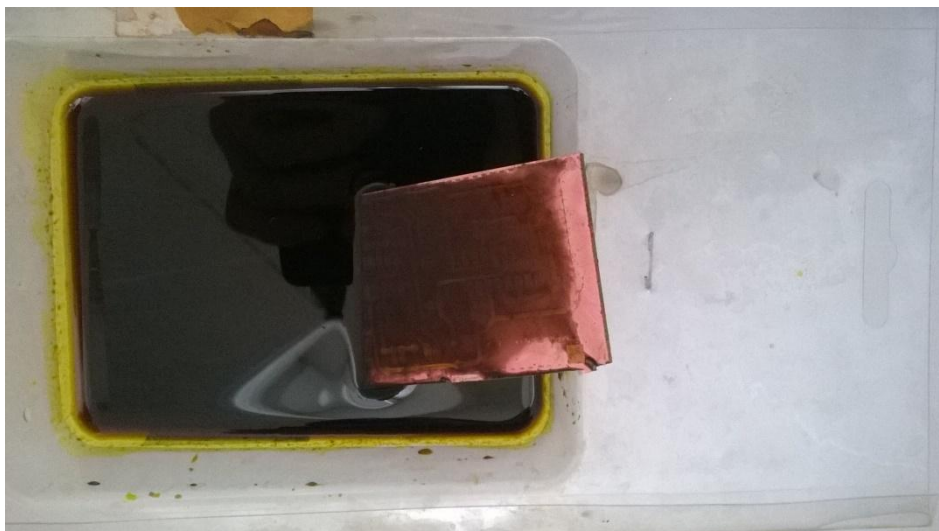
Obr. 33: Leptací přípravek Chlorid železitý



Obr. 34: Leptací miska



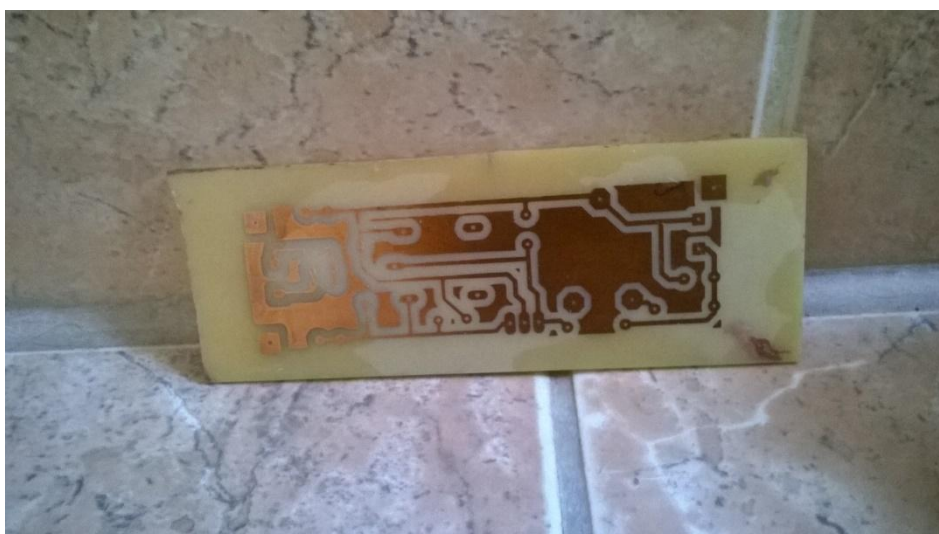
Obr. 35: Připravený chlorid železitý



Obr. 36: leptání plošného spoje



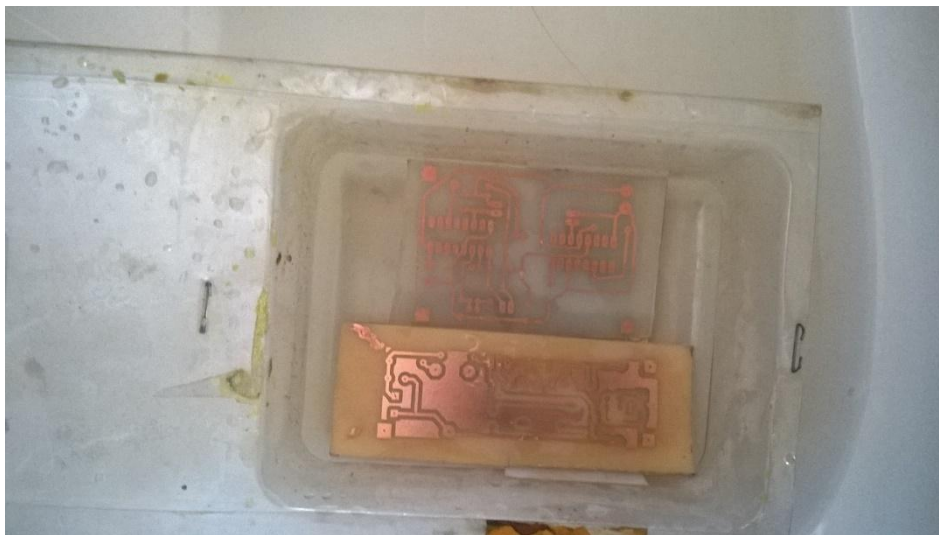
Obr. 37: Leptání plošného spoje



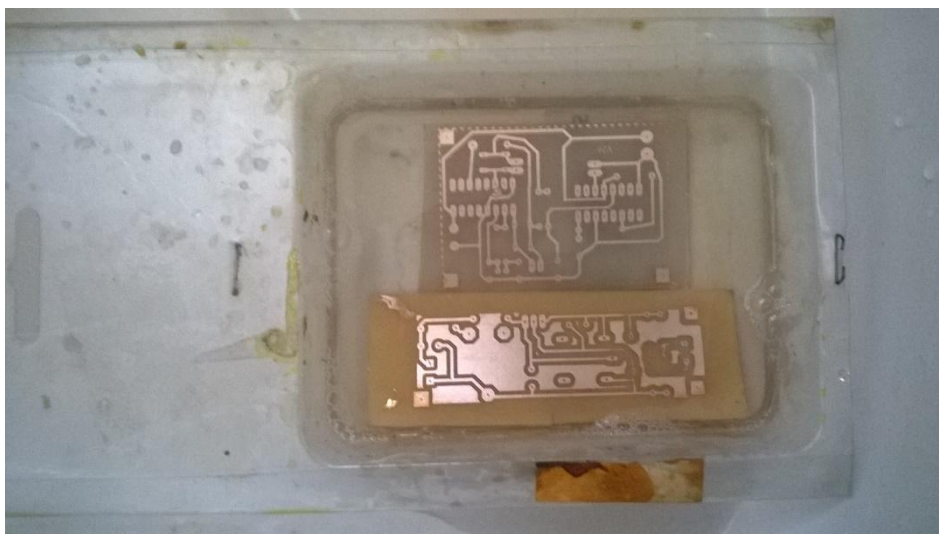
Obr. 38: Vyleptaný plošný spoj



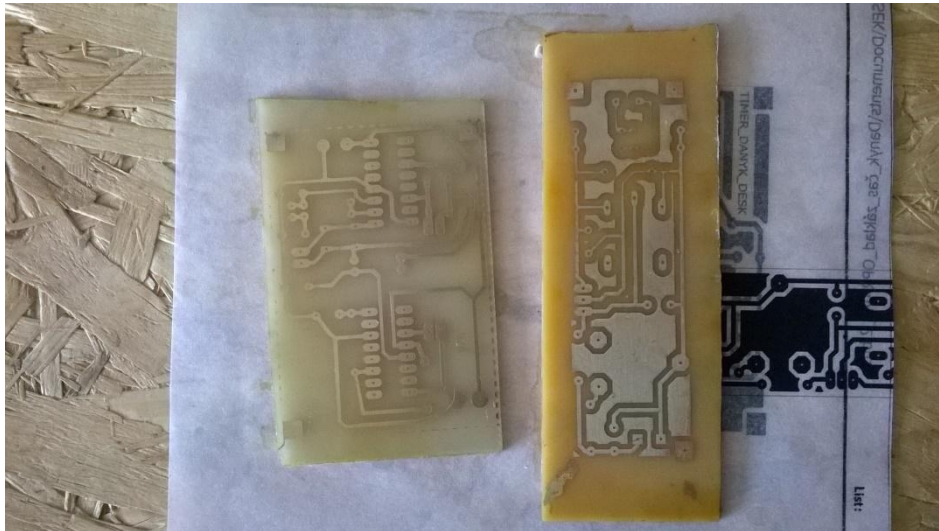
Obr. 39: Pokovovací roztok



Obr. 40: Pokovovací lázeň se stříbrem



Obr. 41: Již skoro pokovené spoje



Obr. 42: Hotové plošné spoje

Závěr

Zařízení Pendl je složitější, ale cenově je přijatelnější než si kupovat speciální moduly, které nemají interpretaci na LCD displej, ale jen na semaforech.

Výroba pro zahradní železnici není tak složitá, stačí pouze zaměnit relé za výkonnější. Tento modul se chystám namontovat do kolejiště na výjezd a návrat z výtopyny.

Celkový výstupní proud zdroje jsem volil podle technických parametrů a naměřených odběrů, které jsem následně sečetl. Doporučuji přidat zhruba tak o polovinu navíc k výsledku součtu, z důvodu tolerance součástek, která je sice malá, ale je.

Stavba tohoto projektu byla zajímavá a pro mě také i průlomem k aplikování těchto arduino desek. Jinak se těším na další ročník tohoto Stretch setkání, kde by měl být vystaven jeden z mých dalších projektů.

Zdroje

1. BUDSKÝ, Miroslav. *Intervalový spínač s H-můstkem: Amatérské rádio - praktická elektronika*. 10. Praktická elektronika Amatérské rádio, 2016. ISSN 1804-7173.