



Středoškolská technika 2014
Setkání a prezentace prací středoškolských studentů
na ČVUT v Praze

Mincovník

Radim Skládáný

Střední průmyslová škola elektrotechnická a informačních technologií Brno
Purkyňova 97, Brno

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.

V Brně dne

.....

Anotace

Cílem práce je navrhnout a sestrojít univerzální mincovník. Hodnota mincí bude rozlišována pomocí měření velikosti a magnetických vlastností. Mincovník bude obsahovat zásobníky na vracení požadované částky. Zařízení bude řízeno programovatelným automatem od firmy AMiT.

Klíčová slova

Mincovník, Rozlišování mincí, Optobrána, Hallova sonda, Mince, AMiT, AMiNi2D, ATtiny13

Abstract

The aim of this work is design and construct universal coin machine. Value of coins will be recognise by measuring size and magnetic property. Coin machine will contains containers to return coins. Machine will be controlled by programmable automat, developed by company AMiT.

Keywords

Coin machine, recognising coins, optical gate, Hall sensor, Coin, AMiT, AMiNi2D, AT-tiny13

Obsah

1	Úvod	3
2	Návrh řešení	4
2.1	Úvod	4
2.2	Vlastnosti mincí	4
2.3	Měření velikosti	4
2.4	Měření magnetických vlastností	6
3	Implementace řešení	7
3.1	Konstrukce	7
3.1.1	Přední panel	7
3.1.2	Nosná deska	7
3.1.3	Koridory pro pohyb mincí	7
3.1.4	Měřicí zařízení	9
3.1.5	Zásobníky	9
3.1.6	Upevnění elektroniky	11
3.2	Elektronika	11
3.2.1	Řídicí jednotka	11
3.2.2	Rozšiřující modul	12
3.2.3	Zdroj	13
3.2.4	Měření mincí	13
3.2.5	Základní deska	13
3.2.6	Omezovač špičkového proudu	15
3.3	Program	15
3.3.1	Procesy pro obsluhu optobran	16
3.3.2	Proces Hallova	16
3.3.3	Proces Vstup	17
3.3.4	Proces Tlačítka	18
3.3.5	Proces Vracení	18
3.3.6	Obrazovky	19
4	Závěr	21
A	Přílohy	25
A.1	Napětí na Hallově sondě	25
A.2	Schéma základní desky	26
A.3	Desky plošných spojů	27
A.3.1	Hlavní deska	27
A.3.2	Měřicí desky	28

A.3.3	Omezovač proudu	29
A.4	Fotky	29

1 Úvod

Cílem práce je vytvořit univerzální mincovník, který bude lehce aplikovatelný v jakémkoliv zařízení. Mince budou rozlišovány dvěma metodami, které jsou měření velikosti a magnetických vlastností mincí. Velikost mincí bude měřena pomocí optobran a magnetické vlastnosti pomocí Hallovy sondy. Mincovník bude obsahovat zásobníky na 20 Kč, 10 Kč, 5 Kč, 2 Kč, 1 Kč. Tyto zásobníky se budou využívat k vracení požadované částky. Přední panel mincovníku bude obsahovat 10 tlačítek pro volbu produktu a 1 pro vracení vhozené částky. Celý mincovník bude řízen pomocí řídicího systému AMiNi2D od firmy AMit, jedná se o PLC(Programmable Logic Controller). K programování PLC bude využito vývojové prostředí DetStudio.

2 Návrh řešení

2.1 Úvod

Mincovník je nedílnou součástí každého výdejního automatu. Mezi základní požadavky na mincovníky patří přesné určení vhozené mince a naprostá schopnost rozeznat padělky od pravých mincí. Průmyslově vyráběné mincovníky lze rozdělit na mechanické a elektronické.

U mechanických mincovníků se mince rozlišují pouze podle velikosti. Proto se dají velmi lehko obelstít. Tyto mincovníky se nejčastěji využívají například ve stolních fotbálcích. Mechanické mincovníky nepotřebují ke své činnosti napájecí napětí, ale neumí vrátit požadovanou částku. Většinou jsou konstruovány jen na jeden typ mince.

Elektronické mincovníky jsou už složitější zařízení. Liší se v metodách měření mincí i v konstrukčním provedení. Elektronické mincovníky můžeme rozdělit na optoelektrické a indukční.

Optoelektrické mincovníky skenují ražbu mince a porovnávají ji s databází. Tento typ mincovníku je velice spolehlivý, ale velice složitý na výrobu. Problém nastává ve zpracování obrazu, které je velice složité. Tato metoda je pro můj mincovník nevhodná.

Princip indukčního mincovníku spočívá ve změně indukčnosti cívky s jádrem. Jádrem cívky je aktuální vhozená mince. Pro lepší rozeznání vhozené mince se cívka zapojuje do rezonančního obvodu a měří se výsledná jakost rezonačního obvodu. Pro můj mincovník byla tato metoda modifikována. Magnetické vlastnosti mincí se neměří pomocí cívky, ale pomocí Hallové sondy.

2.2 Vlastnosti mincí

Koruna Česká je od měnové reformy z roku 1993 měnová jednotka České Republiky. V tabulce 1 můžete vidět základní vlastnosti Českých mincí. Mezi lehko změřitelné a přitom vypovídající vlastnosti lze považovat průměr a materiál, z kterého jsou mince vyrobeny. Hmotnost je také velmi vypovídající, ale její měření je pomalé a složité. Z tohoto důvodu jsem ji nezařadil mezi měřené metody. Také měření typu hrany nebo síly mince jsem vyřadil, protože z těchto údajů nelze mince od sebe rozeznat.

2.3 Měření velikosti

Jak je zřejmé z tabulky 1 průměr každé mince se liší. Například padesátikoruna má průměr 27.5 mm a dvacetikoruna 26.0 mm. Rozdíl mezi těmito mincemi je 1.5 mm. Tento rozdíl se také objevuje u všech následujících mincí. Což nám velice usnadňuje výrobu měřidla. Měřidlo by mělo být vyrobeno s takovou přesností, aby bylo schopno rozeznat jednotlivé mince od sebe.

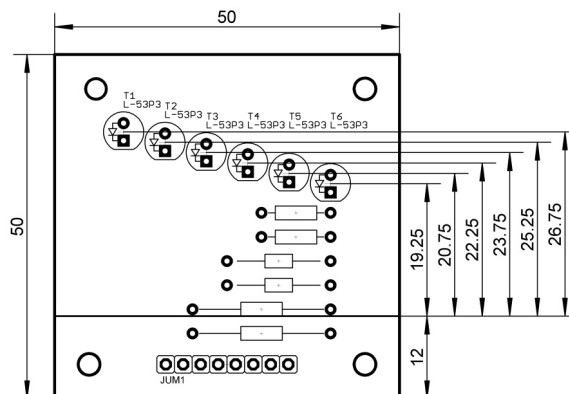
Pro nejjednodušší měření velikosti se dá použít série optobran. Jako optobránu jsem se

Mince	Materiál	Hrana	Průměr	Síla	Hmotnost
50Kč	ocel ve středu plátovaná slitinou mědi a zinku, na mezikružích plátovaná a galvanicky pokovená mědí	hladká	27,50	2,55	9,70
20Kč	ocel plátovaná a galvanicky pokovená slitinou mědi a zinku	hladká	26,0	2,55	8,43
10Kč	ocel plátovaná a galvanicky pokovená mědí	vroubkovaná	24,5	2,55	7,62
5Kč	ocel galvanicky pokovená niklem	hladká	23,0	1,85	4,80
2Kč	ocel galvanicky pokovená niklem	hladká	21,5	1,85	3,70
1Kč	ocel galvanicky pokovená niklem	vroubkovaná	20,0	1,85	3,60

Tabulka 1: Vlastnosti mincí

rozhodl používat infračervenou LED diodu v kombinaci s fototranzistorem pro infračervené světlo. Měření velikosti pomocí optobran je velice lehké realizovatelné při měření objektů v řádu centimetrů, ale pro měření předmětů v řádu desetin milimetrů nastávají komplikace. Standardní pouzdro fototranzistoru je stejné jako pouzdro fotodiody o průměru 5 mm, ale my chceme rozlišovat předměty o velikost v řádu desetin milimetrů. Proto je nutné před fototranzistor umístít clonu, ve které bude co nejmenší otvor pro průchod světla k fototranzistoru. Čím bude otvor menší, tím dosáhneme větší přesnosti, ale přitom snížíme citlivost fototranzistoru. Abychom zvýšili citlivost fototranzistoru, můžeme vrchol pouzdra obrousit co nejlépe k snímacímu polovodiči. Když pak povrch řádně vyleštíme, dosáhneme větší citlivosti snímače.

Neméně důležité je rozmístění fototranzistorů. Fototranzistory musíme umístit tak, aby každý snímal jednotlivou minci a přitom nereagoval na minci menšího průměru. Rozmístění můžete vidět na obrázku č. 1. Z tohoto plošného spoje je zřejmé, že pozice fototranzistorů je vztažena k pomyslné základně, na které se budou mince pohybovat. Jedná se pouze o návrh z dřívější aplikace.



Obrázek 1: Rozmístění fototranzistorů

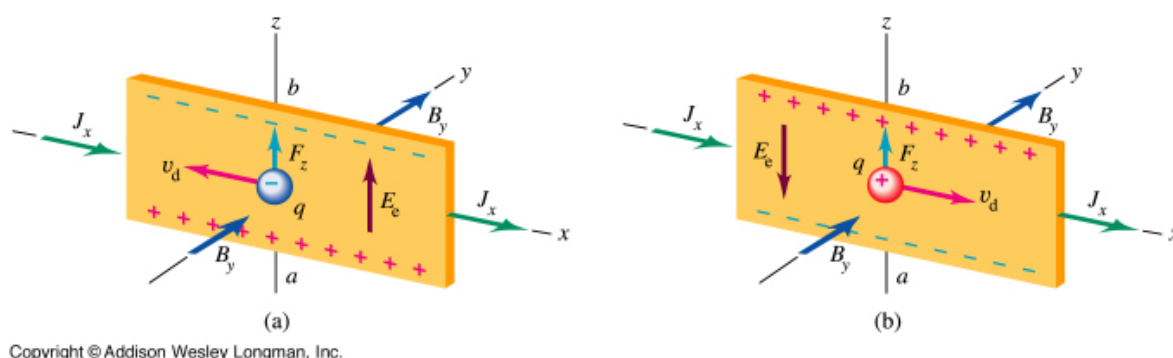
2.4 Měření magnetických vlastností

Jak je zřejmé z tabulky 1 je každá mince vyrobena z různých materiálů v jiném poměru složení. V každé minci je jiné množství oceli. Hlavním prvkem oceli je železo. Železo se řadí mezi feromagnetické prvky, proto je možné změřit pomocí Hallové sondy deformaci magnetického pole.

Hallová sonda je elektrotechnická součástka na měření směru a intenzity magnetického pole. Využívá takzvaného Hallova jevu. Když budeme na polovodičovou destičku typu N nebo P působit homogenním magnetickým polem kolmým k ose y a destičkou bude procházet proud po ose x tak na ose z vznikne takzvané Hallovo napětí. Viz obrázek 2. Které lze vypočítat pomocí následujícího vztahu.

$$U_H = \frac{R_H \cdot I \cdot B}{d} \quad (1)$$

Kde R_H je Hallova konstanta (u polovodičů typu P kladná a u typu N záporná), d je tloušťka polovodičové destičky, I je proud procházející destičkou a B je magnetická indukce.



Obrázek 2: Hallův jev

Měření magnetických vlastností mincí probíhá následujícím způsobem. Jako zdroj magnetického pole byl využit permanentní magnet. Mezi tímto magnetem a Hallovou sondou se nachází vodící lišta, ve které se pohybují jednotlivé mince. Jakmile mince zastíní Hallovou sondu, změní se magnetická indukce vstupující do Hallovy sondy. Na tuto změnu Hallova sonda zareaguje a změní svoje výstupní napětí, které pak lze pomocí A/D převodníku zaznamenat.

Zaznamenané hodnoty můžete vidět v příloze A.1. Z grafu je zřejmé, že k největší výchylce dochází při zaznamenání padesátikoruny. Čím menší hodnota vhozené mince tím menší naměřená výchylka. Z těchto naměřených hodnot lze už jednoduše rozpoznat jednotlivé mince od sebe. Například pomocí maximální naměřené hodnoty nebo pomocí součtu naměřených vzorků. Na grafu se také projeví velikost mince. Například působení padesátikoruny na Hallovu sondu je mnohem delší než působení koruny.

3 Implementace řešení

3.1 Konstrukce

Jako Materiál pro výrobu mincovníku byl zvolen hliník, protože je snadno zpracovatelný, lehký a dostupný. Konstrukce mincovníku se skládá z předního panelu a nosné desky, na které jsou umístěny všechny mechanické a elektronické části mincovníku.

3.1.1 Přední panel

Před samotným sestavením konstrukce mincovníku byl navrhnout přední panel, který má velikost 250 mm × 561 mm × 2 mm. Viz výkres 3. Panel byl vyroben laser technologií ve firmě Škromet.

Na panelu je umístěno 11 tlačítek, 10 pro volbu produktu a 1 pro vrácení vhozené částky. Tlačítka jsou vložena do vyřezaných otvorů o průměru 19 mm. V horní části panelu je otvor pro řídicí systém. Napravo a nalevo od tohoto otvoru je kruhový otvor pro uchycení dvou distančních sloupků, na kterých se nachází DIN lišta. DIN lišta slouží pro uchycení PLC systému. Vpravo pod PLC se nachází dutina pro vhod mincí. Dutina má velikost 30 mm × 3 mm. Ve spodní části čelního panelu se vyskytuje otvor, z kterého lze vyjmou vrácenou částku. Po stranách panelu jsou otvory pro spojení předního panelu s nosnou deskou mincovníku.

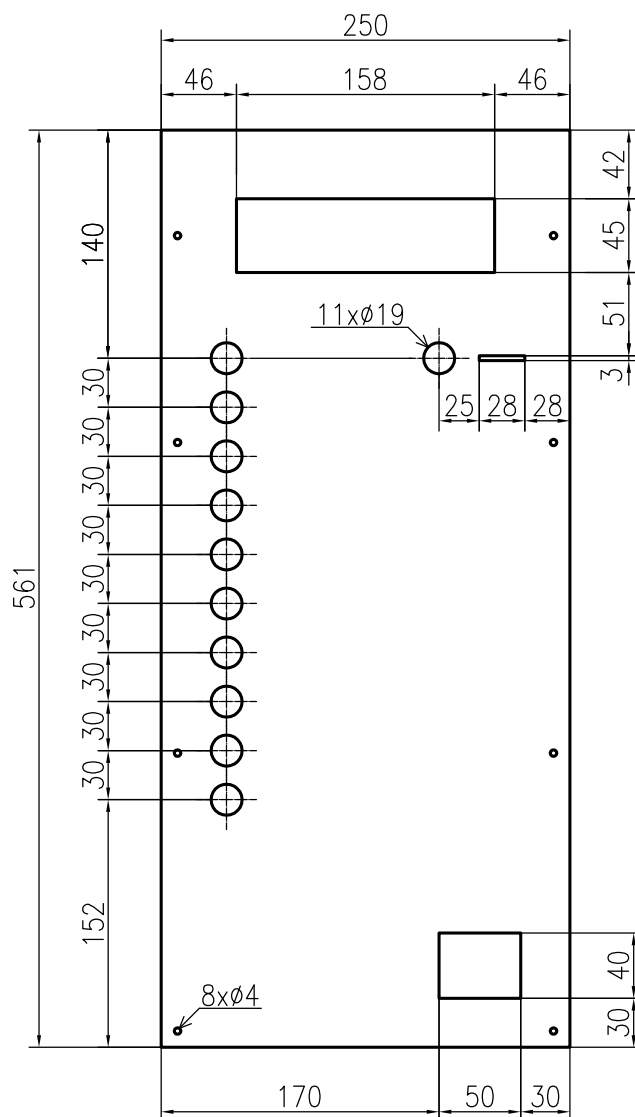
3.1.2 Nosná deska

Za předním panelem je nosná deska o velikosti 250 mm × 379 mm × 2 mm. S pohledovou deskou je spojena pomocí šroubů o velikosti M4. Šrouby prochází přes duté válečky o výšce 30 mm a průměru 10 mm, aby byl vytvořen dostatek prostoru pro tlačítka, kabely a pro vedení mincí k otvoru na vrácení. Z pohledové strany nosné desky jsou umístěny měřicí obvody a zásobníky, které jsou spojeny koridory pro pohyb mincí. Ve spodní části nosné desky se nachází zdroj a rozšiřující modul.

3.1.3 Koridory pro pohyb mincí

Mince vstupují do mincovníku otvorem v čelním panelu. Otvor je orientován ve vodorovném směru z důvodu lehkého stočení mince do směru svislého. Stočení mince je realizováno kruhovým obloukem, po kterém se mince pohybují, až do doby kdy dopadnou na dno prvního koridoru.

Dno koridoru je vyrobeno z L profilu o délce 194 mm. Stěny koridoru jsou také vyrobeny pomocí L profilů o stejné délce. Výška stěn koridorů je 30 mm. Koridor je mírně nakloněn, aby se na něm všechny mince kouleli směrem k měřicímu zařízení. Jakmile proběhne změření mince, měřený objekt se stále pohybuje ve stejném směru až do doby, kdy narazí na



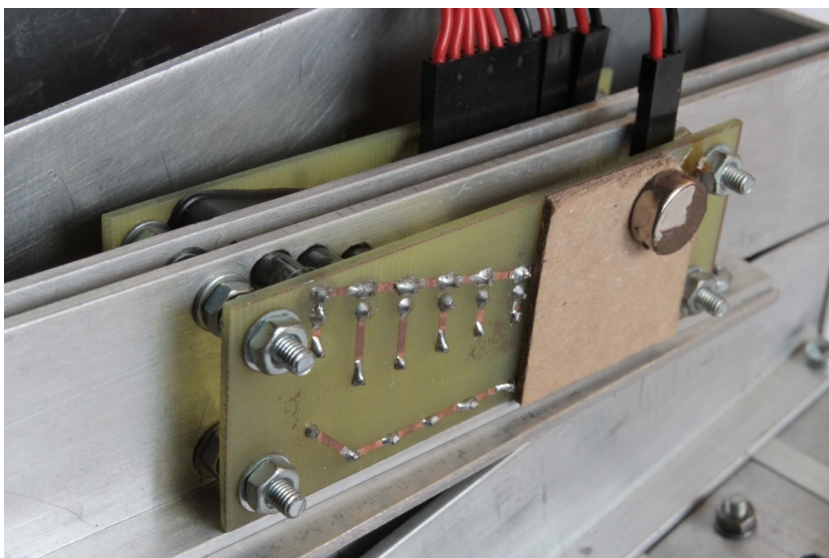
Obrázek 3: Výkres předního panelu

zarážku. Zarážka je vyrobena z L profilu o délce 59 mm, kratší stranou je připevněna k nosné desce mincovníku. Po nárazu do zarážky mince propadne do koridoru, který je nakloněn v opačném směru než předchozí koridor. V koridoru probíhá rozřazení jednotlivých mincí do zásobníků. Viz kapitola 3.1.5. Celé konstrukční provedení koridorů lze vidět na obrázku 18.

Aby bylo možné odebírat vrácenou částku, je na zadní straně nosné desky vyroben odebírací zásobník. Zásobník se nachází ve spodní části mincovníku. Mince do zásobníku vstupují ze zásobníků, ve kterých jsou uchovávány mince na vracení požadované částky. Viz kapitola 3.1.5. Jakmile je mince vysunuta ze zásobníků, mince spadne na koridor, vytvořený z L profilu, a začne se pohybovat směrem k odebíracímu zásobníku. Aby mince nevytáhla ven z mincovníku, je dno zásobníku skosené. Boční stěny odebíracího zásobníku jsou vyrobeny z L profilů a připevněny na nosné desce mincovníku. Celé řešení koridoru a odebíracího zásobníku je ve spodní části obrázku 16.

3.1.4 Měřicí zařízení

Měřicí zařízení se nachází na první koridoru (viz kapitola 3.1.3). Skládá se z dvou desek plošných spojů. Na jedné desce jsou umístěny fototranzistory s Hallovou sondou a na druhé jsou infračervené diody s permanentním magnetem. Desky jsou připevněny ke stranám koridoru, pomocí šroubků M3. Hlavičky šroubků jsou zapuštěny ve vnitřních stranách koridorů, aby nebránili v pohybu mincí. Ve stěně koridoru, na kterém je připevněna deska s diodami, jsou vyvrtány otvory o průměru 5 mm. Do otvorů jsou vsazeny pouzdra infračervených diod. Na druhé stěně koridoru je připevněna deska s fototranzistorem. Ve směně jsou vyvrtány otvory o průměru 0.5 mm. Otvory jsou tak malé, aby došlo k rozeznání velikosti jednotlivých mincí. Infračervené diody a fototranzistory jsou umístěny naproti sobě, aby bylo dosaženo co největšího množství světla vstupujícího do fototranzistoru. Permanentní magnet a Hallova sonda jsou naproti sobě. Magnet je umístěn v dostatečné vzdálenosti od koridoru, aby nedošlo k zastavení mince v důsledku magnetického pole. Měřicí zařízení lze vidět na obrázku 4.



Obrázek 4: Měřicí zařízení

3.1.5 Zásobníky

Aby byl mincovník schopen vracet požadovaný obnos a uchovávat vydělanou částku, je mincovník vybaven zásobníky. Zásobník pro uchování vydělané částky je odnímatelný z nosné desky, aby se mohl jednoduše vyprázdnit. Zásobník je vytvořen ze čtvercového profilu 50 mm × 50 mm × 2 mm. Dno zásobníku je vytvořeno s L profilu, který je kratší stranou přišroubován k jedné ze stran čtvercového profilu.

Zásobníky pro uchování vhozené částky jsou vytvořeny z kruhových profilů. Pro dvacetikoruny je zvolen kruhový profil o vnitřním průměru 28 mm. Pro následující mince jsou zvoleny vnitřní průměry: 26 mm, 24 mm, 24 mm, 21 mm. Všechny tyto kruhové profily mají

tloušťku stěny 2 mm. Zásobníky jsou k desce uchyceny pomocí šroubků M3. Mezi nosnou deskou a zásobníky se nacházejí duté válečky, na kterých je na jedné straně vyfrézován kruhový oblouk. Oblouk slouží k lepšímu uchycení kruhových profilů k nosné desce.

Mince vstupují do zásobníku přes propadliště. Průchodnost propadliště je řízena pomocí modelářských serv. Pohyb ramene serva ovlivňuje polohu zástěny, která zakrývá nebo odkrývá propadací otvor. Zástěny mají tvar písmene T a jsou vyrobeny z hliníku o tloušťce 1 mm. Zástěny se pohybují ve vyfrézovaných drážkách o hloubce 1 mm. Pro každou minci má zástěna odlišný tvar, tím je dána velikost otvoru, který zástěna odkrývá. U paty zástěny je vytvořen podlouhlý otvor, do kterého je vložen ocelový drát upevněný v rameni serva. Otvor je podlouhlý, aby došlo k převodu rotačního pohybu serva na pohyb přímočarý. Serva a zástěny jsou uchyceny na L profilu o velikosti 75 mm × 20 mm × 2 mm. Na L profilu je taky upevněn koridor, ve kterém se pohybují mince směrem ke konečnému zásobníku. Celé konstrukční provedení propadliště lze vidět na obrázku 5.



Obrázek 5: Konstrukční provedení propadliště

Vracení požadované mince je řešeno pomocí modelářských serv. Mince jsou vysouvány ze zásobníku pomocí šoupat. Šoupata jsou vyrobena z hliníku o tloušťce 2 mm. Na předních hranách šoupat je vyfrézován kruhový oblouk, aby při vysouvání mincí ze zásobníků mince držely správný směr. U paty šoupat jsou vytvořeny podlouhlé otvory, pro převod kruhového pohybu serv na pohyb přímočarý. Šoupata se pohybují na L profilu ve vyfrézovaných drážkách o hloubce 1 mm. Na spodní straně L profilu jsou přichytnuta serva pomocí šroubků M3. Hřídele serv vstupují na horní stranu L profilu přes vyvrtané otvory. Na hřídele jsou nasazeny páky, které jsou spojeny se šoupaty stejným způsobem, jako v předchozím případě, jsou pouze prodlouženy délky pák, aby bylo dosaženo větší pohyblivosti šoupat. Pro zkrácení pohybu šoupat je spodní základna, na kterou mince dopadá skosená ve dvou třetinách velikosti konkrétní dopadající mince. Úhel skosení je 45°. Díky tomuto skosení není potřeba minci vysouvat v celém svém průměru. Jakmile se celá mince vyskytne na na-

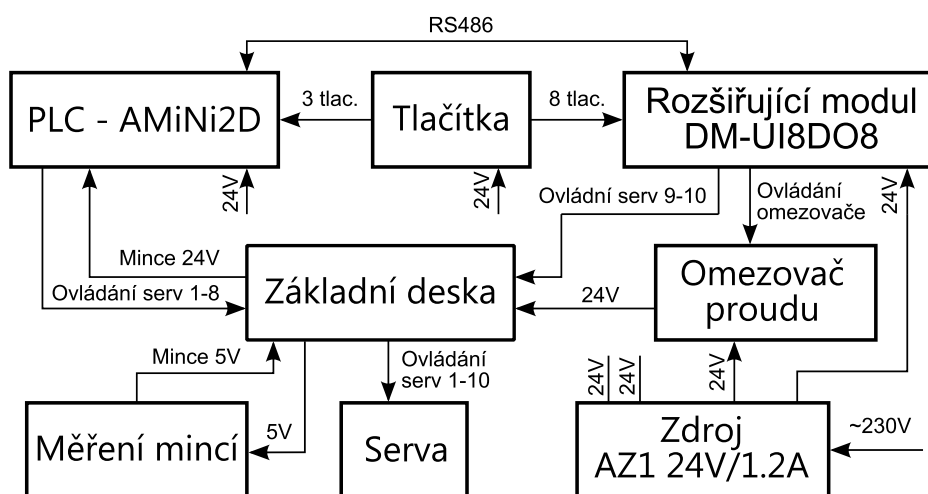
kloněné rovině, vyklouzne ze zásobníku přes otvor v nosné desce směrem k odebíracímu zásobníku. Viz obrázky 16 a 18.

3.1.6 Upevnění elektroniky

Elektronická stránka mincovníku se skládá z několika částí. Veškeré části je nutné připevnit ke kostře mincovníku. PLC je připevněna k mincovníku pomocí DIN lišty. Mezi předním panelem a DIN lištou se nacházejí dva distanční sloupky, vytvořené z obdélníkových profilů. Na čelních stranách obdélníku jsou vyřezány závity velikosti M4. Pomocí šroubků M4 se sloupky spojí s předním panelem a DIN lištou. Rozšiřovací modul a napájecí zdroj jsou připevněny k DIN liště. DIN lišta je připevněna v pravém dolním rohu nosné desky pomocí šroubků M4. Základní deska je umístěna na zadní straně nosné desky pomocí 4 šroubků M3.

3.2 Elektronika

Elektroniku celého mincovníku lze rozdělit do 8 bloků. Hlavním a řídicím blokem je řídicí jednotka. Vzájemné propojení použitých obvodů lze vidět na obrázku 6.



Obrázek 6: Blokové schéma použitých obvodů

3.2.1 Řídicí jednotka

Celý mincovník je řízen pomocí řídicího systému AMiNi2D od firmy AMiT. Patří do kategorie PLC. Standardní napájecí napětí pro PLC je 24 V. Systém AMiNi2D disponuje 4 × 20 znakovým displejem a klávesnicí. Systém má 8 digitálních vstupů a výstupů, 8 analogových vstupů (6 pro teplotní čidla Ni1000 a dva univerzální) a 4 analogové vstupy. Pro komunikaci se systémem lze použít Ethernet, RS485 nebo RS232. Podrobnější parametry jsou uvedeny v tabulce 2.

CPU	SAB C167CR-LM
FLASH	512 KB
RAM	1024 KB
EEPROM	2 KB
Displej	4 × 20 znaků
Výška znaku	4 mm
Klávesnice	8 tlačítek
Číslicové vstupy	8
Log. 0	min. 0 V max. 5 V
Log. 1	min. 16 V max. 30 V
Číslicové výstupy	8
Analogové vstupy	2 univerzální 6 na Ni1000
Analogové výstupy	4
Sériový komunikační kanál	RS232 a RS485
Rozhraní Ethernet	10 Mbps
Krytí	IP20
Napájení	= 24 V
Maximální odpěr	200 mA

Tabulka 2: Technické parametry AMiNi2D

Digitální vstupy slouží k připojení šestice optobran a také k připojení zbývajících dvou tlačítek, které nemohli být připojeny na rozšiřujícím modulu DM-UI8D08. Digitální výstupy jsou použity k řízení 8 serv pomocí PWM (Pulse Width Modulation). Mincovník obsahuje 10 serv, proto je nutné dvě serva řídit pomocí rozšiřujícího modulu. Na univerzální analogové vstupy je připojena Hallova sonda a poslední tlačítko, které nemohlo být umístěno ani na digitálních vstupech PLC ani na rozšiřovacím modulu. Programovou aplikaci lze nahrávat do systému pomocí Ethernetu nebo RS232.

3.2.2 Rozšiřující modul

Pro rozšíření počtů vstupů a výstupů řídicího systému AMiNi2D je použit rozšiřovací modul DM-UI8D08. Rozšiřovací modul komunikuje s řídicím systémem pomocí RS485. Modul poskytuje 8 digitálních výstupů a 8 univerzálních vstupů. Univerzální vstupy lze nastavit do různých analogových módů nebo jako digitální vstupy.

Univerzální vstupy jsou nastaveny do módu digitálních vstupů. Na vstupy je připojeno 8 tlačítek z předního panelu mincovníku. Dva digitální výstupy slouží k řízení zbývajících serv. Rozšiřující modul neumí generovat PWM signál, proto je nemožné serva řídit přímo pomocí rozšiřujícího modulu. Digitální výstupy pouze řídí mikrokontrolér ATtiny13, který následně generuje PWM signál pro zbývajících dvě serva. Jeden digitální výstup slouží k řízení omezovače proudu. Více v kapitole 3.2.6.

3.2.3 Zdroj

Pro napájení řídicího systému a veškeré elektroniky je použit napájecí zdroj AZ124V/1.2A od firmy AMiT. K 24 V napájecímu zdroji je připojeno síťové napětí. Z důvodu dodržení bezpečnosti je připojen zemnicí vodič ke kostře celého mincovníku, aby nedošlo k úrazu elektrickým proudem. Podrobné informace o zdroji naleznete v tabulce 3.

Vstupní napětí	~ 180/260 V
Výstupní napětí	= 24 V
Maximální výstupní proud	1.2 A
Jištění	Pojistka 2 A/230 V
Ochrana proti zkratu	Ano
Ochrana proti přetížení	Ano
Krytí	IP20

Tabulka 3: Technické parametry zdroje AZ124V/1.2A

3.2.4 Měření mincí

Měření mincí probíhá pomocí fototranzistorů a Hallové sondy. Měřicí ústrojí se skládá ze dvou DPS. Na jedné desce jsou umístěny fototranzistory s halovou sondou a na druhé jsou infračervené diody.

Jako zdroj světla pro fototranzistory jsou použity infračervené diody LTE-42, které vyzařují světlo o vlnové délce 940 nm. V sérii s diodami jsou zapojeny odpory, které snižují napájecí napětí z 5 V na 1.2 V

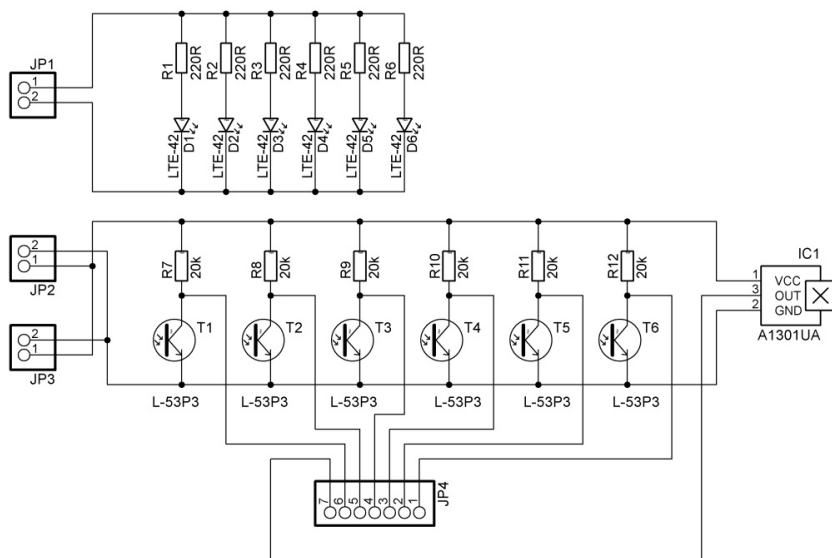
Aby byla vytvořena optobrána je použito 6 fototranzistorů L-53P3BT, které reagují na vlnovou délku světla 940 nm. Fototranzistory jsou zapojeny do série s rezistory o odporu 20 k Ω . Sériová kombinace je napájena pěti volty. Mezi fototranzistorem a odporem je vyveden výstup z měřidla. Když bude fototranzistor zastíněn, na výstupu naměříme 5 V, protože fototranzistoru vzroste odpor řádově na M Ω . V opačném případě bude fototranzistor vykazovat odpor v řádech stovek Ω . Poté na výstupu naměříme napětí okolo 1 V.

Pro měření magnetických vlastností mincí byla použita Hallova sonda A1301UA. Napájecí napětí pro tento senzor je 5 V. Tato Hallova sonda nemá na výstupu Schmittův obvod, proto je možné měřit aktuální hodnotu magnetické indukce vstupující do Hallové sondy.

Celé schéma zapojení je na obrázku 7. DPS a rozmístění součástek je na obrázcích 12 a 13.

3.2.5 Základní deska

Z důvodu převodu napěťových úrovní pro PLC a použitou elektroniku je navržena základní deska. Základní desku lze rozdělit do 3 částí: převod signálu pro řízení serv, převod signálu z měřících obvodů a stabilizátor napětí.



Obrázek 7: Schéma měřiče mincí

Mincovník využívá k rozdělování a vracení mincí standardní modelářská serva na 5 voltů. Serva se řídí pomocí PWM. Aby mohla být tato serva ovládána řídicí jednotkou je nutné mezi serva a PLC umístit převodník napěťových úrovní, protože PLC využívá k reprezentaci logické jedničky 24 V.

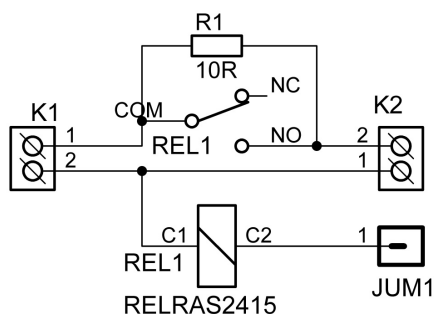
Převodník napěťových úrovní obsahuje standardní odporový dělič napětí. Hodnoty rezistorů R_1 a R_9 jsou $6.8\text{ k}\Omega$ a $2.2\text{ k}\Omega$. Na výstupu děliče je zapojen invertor, který zajistí rekonstrukci signálu pro TTL logiku. Převodník je na desce implementován celkem 10x, protože je použito 10 serv. Do převodníků vstupuje 8 digitálních výstupů z PLC 2 digitální výstupy z rozšiřovacího modulu. Protože rozšiřující modul neumí generovat PWM signál jsou výstupy z napěťových převodníků, do kterých vstupují signály z rozšiřovacího modulu, napojeny na mikrokontrolér ATtiny13. Mikrokontrolér zajišťuje generování PWM signálu pro poslední dvě serva. Viz pravá část přílohy A.2.

Základní deska také obsahuje operační zesilovače, které slouží k převodu napěťových úrovní pro digitální vstupy PLC. Jinak by nemohlo PLC rozpoznat signály z fototranzistorů. OZ jsou zapojeny jako komparátory. Do invertujících vstupů je připojeno napětí o velikosti 2.5 V z odporového děliče. Na neinvertující vstup je připojen výstup z fototranzistorů. Operační zesilovače jsou napájeny 24 V. Takto zapojené OZ se na desce vyskytují celkem 6x, pro každou optobránu jeden. Přizpůsobení signálu z Hallové sondy pro AD převodník je realizováno operačním zesilovačem. OZ je zapojen jako diferenciální zesilovač. Viz levá část obrázku A.2.

Serva a logické invertory potřebují ke své činnosti napájecí napětí 5 V, proto je na desce použit stabilizátor napětí LM7805. Jako chladič stabilizátoru je použita nosná deska mincovníku. Z důvodu velkého proudového odběru, který vzniká, jakmile se začne pohybovat větší počet serv, jsou za stabilizátorem umístěny 3 vyrovnávací kondenzátory s celkovou kapacitou 30 mF. Kondenzátory omezují kolísání stabilizovaného napětí. Viz obrázek 16.

3.2.6 Omezovač špičkového proudu

Z důvodu požití vyrovnávacích kondenzátorů, vzniká problém při zapínání mincovníku. Problém spočívá ve velkém proudu, který nabíjí kondenzátory. Napájecí zdroj ho vyhodnocuje jako zkrat, proto je před základní deskou zapojen omezovač proudu. Omezovač proudu je realizován rezistorem o odporu $10\ \Omega$. Jakmile dojde k nabití kondenzátorů, rozšiřující modul připne relé, které přemostí omezovací rezistor. Viz obrázek 8.



Obrázek 8: Schéma omezovače proudu

3.3 Program

Činnost řídicího systému probíhá tzv. sekvenčně, neboli je rozdělena do procesů. Každý proces je část programu, který pracuje samostatně. Každý proces lze naprogramovat jedním ze tří programovacích jazyků (ST-strukturovaný text, LA-jazyk logických adres, RS-jazyk reléových schémat). Rozlišujeme 6 typů procesů. Procesy jsou v tabulce 4 seřazeny od nejvyšší priority.

Procesy	Vlastnosti
Interrupt_0 ... 15	Mají nejvyšší prioritu. Vzájemně se mohou přerušovat, přičemž nejvyšší prioritu má proces Interrupt_0.
Hi_0 a Hi_1	Velmi rychlé procesy s periodou (1 až 1677 ms).
Quick	Rychlý proces s periodou (5, 10, 20, 50 a 100 ms).
Normal_0 ... 15	Řádné procesy s periodou. (0.1 až 1×10^6 s).
IDLE	Spustí se v okamžiku, když nepracuje žádný jiný proces.
INIT	Spustí se pouze při startu řídicího systému.

Tabulka 4: Typy procesů

Program pro řízení mincovníku je rozdělen do 6 procesů v jazyce ST a 6 procesů v jazyce RS, které obsluhují optobrány. Procesy v ST jazyku se jmenují INIT, IDLE, Hallova, Vstup, Tlacitka, Vraceni. V procesu IDLE dochází k obsluze obrazovek.

3.3.1 Procesy pro obsluhu optobran

Program pro obsluhu optobran se skládá z 6 procesů v RS jazyku. Procesy jsou typu Interrupt a reagují na vzestupnou hranu vstupního signálu. Každý z 6 procesů reaguje na jednu optobranu. Procesy se jmenují `O_50kc`, `O_20kc`, `O_10kc`, `O_05kc`, `O_02kc`, `O_01kc`. V procesu `O_50kc` dochází pomocí sériově spojených bloku LD a ST k záznamu padesáti koruny. Blok LD zaznamená logickou hodnotu na digitálním vstupu a blok ST tuto hodnotu uloží do aliasu¹ `O_50kc`. Stejný způsob záznamu mince je realizovaný v následujících procesech až na proces `O_01kc`, ve kterém se také nastavuje alias `O_zaznam`. Alias `O_zaznam` slouží k záznamu jakéhokoliv předmětu. Pracuje se s ním v procesu `Hallova`.

3.3.2 Proces Hallova

Proces `Hallova` obsluhuje čtení hodnot z Hallové sody. Typ procesu je zvolen `Hi_0` s periodou 1 ms, aby bylo možné zaznamenávat rychle se měnící hodnoty na Hallové sondě. Začátek procesu je uvozen podmínkou `If`. Řídící alias podmínky je `O_zaznam`, který reprezentuje výskyt jakékoliv mince v měřicím zařízení. Na druhém řádku programu se nachází modul `AnIn`, který zajišťuje čtení hodnot z analogového kanálu a převedení analogové hodnoty na digitální číslo. Naměřená hodnota se uloží do proměnné `hallova_hod`. Dále se v podmínce naměřené hodnoty sčítají a ukládají do matice. Sčítané hodnoty slouží k rozoznání konkrétní mince (viz kapitola 3.3.3) a hodnoty z matice k vytvoření grafů. Viz obrázek A.1. V závěru kódu se objevuje podmínka `If`, která zajišťuje, aby celé měření trvalo pouze 150 ms. V podmínce se také nastavuje alias `H_zaznam`, který reprezentuje dokončení měření Hallovou sondou. Viz výpis kódu 1.

```
1  If @O_zaznam
2    AnIn #Hallova, hallova_hod, 10.000, 5.700, 9.000, 0.000,
        5.000
3    Let hallova_sum = hallova_sum + hallova_hod
4    Let hallova_ma[hallova_uka,0] = hallova_hod
5    Let hallova_uka = hallova_uka + 1
6    Let @hallova_if = (hallova_uka >= 149)
7    If @hallova_if
8      Let hallova_uka = 0
9      Let @O_zaznam = false
10     Let @H_zaznam = true
11   EndIf
12 EndIf
```

Ukázka kódu 1: Čtení hodnot z Hallové sondy

¹Alias je synonymem pro bit v proměnné.

3.3.3 Proces Vstup

Proces `Vstup` obstarává rozeznání mincí z naměřených údajů a následné rozřazení mincí do příslušných zásobníků.

Celý proces je vložen do podmínky `If`. Řídící alias podmínky je `H_zaznam`. Na začátku programu se pomocí modulu `FreqOut` nastavuje střída pro serva. Nastavením střídy na hodnotu okolo 7.5 % způsobí zavření zásobníků. Střída pro jednotlivá serva je odlišná, z důvodu rozdílné mechanické konstrukce.

V další části programu dochází pomocí základního modulu `Let` k převedení hodnot z Hallové sondy na alias, který reprezentuje hodnotu vhozené mince. Převedení hodnoty je realizováno tímto způsobem: `Let @H_50kc = (hallova_kons[0,0] < hallova_sum) and (hallova_sum < hallova_kons[0,1])`. Padesátikoruna proběhla Hallovou sondou pouze tehdy, když proměnná `hallova_sum` odpovídá intervalu hodnot, které jsou uloženy v poli `hallova_kons`. Stejným postupem je realizován ke zjišťování hodnot dalších mincí, pouze se mění hodnoty ve srovnávacím intervalu.

Hlavní částí programu je určování hodnoty mince a následné zařazení mincí do zásobníků. Tato část programu je vyobrazena ve výpisu 3. Výpis se týká pouze části programu, který zpracovává dvacetikorunu. Na 2. řádku výpisu se nastavuje pomocný alias `mince20` do hodnoty logické jedničky, pokud budou splněny veškeré vlastnosti odpovídající dvacetikoruně. Když budou všechny náležitosti souhlasit, program bude pokračovat za podmínkou `If`. Na 4. řádku se zvýší proměnná `castka_vhoze` o 20 Kč. Na 6. řádku je umístěna podmínka, která člení program do dvou částí. První část se vykoná, pouze když bude v zásobníku pro dvacetikoruny méně než 30 mincí. Druhá část se vykoná v opačném případě. V první části se nachází modul `FreqOut`, který otvírá zásobník pro dvacetikorunu. V druhé části se zásobník neotevírá, pouze se přičítají hodnoty popisující velký zásobník.

Tato část programu je v procesu vložena celkem 6x. Pouze se změní potřebné proměnné.

```
1 //mince 20Kč
2 Let @mince20 = (!@O_50kc and @O_20kc and @O_10kc and @O_05kc
                 and @O_02kc and @O_01kc and @H_20kc)
3 If @mince20
4   Let castka_vhoze = castka_vhoze + 20
5   Let @mince20 = (zasob_poce[0,0] < 30)
6   If @mince20
7     FreqOut #Servo_01, 50.000, serva[0,0], 0.300, 1
8     Let zasob_poce[0,0] = zasob_poce[0,0] + 1
9   else
10    Let zasob_poce[5,0] = zasob_poce[5,0] + 1
11    Let zasob_suma[5,0] = zasob_suma[5,0] + 20
12  EndIf
13  Let opto_hall = 0
14 EndIf
```

Ukázka kódu 2: Zpracování dvacetikoruny

3.3.4 Proces Tlačítka

Proces `Tlacitka` je nosným programem celého mincovníku. Zajišťuje reakci mincovníku na stisk tlačítek na předním panelu. Jako typ procesu je zvolen `normal` s periodou 100 ms.

Pomocí modulů `ARI_DigIn` a `BinIn` je realizováno čtení hodnot z digitálních vstupů na rozšiřovacím modulu a PLC. Hodnoty z tlačítek jsou reprezentovány aliasy s názvy `tlac_01`, `tlac_02` atd. Aby bylo možné efektivně provádět reakci na stisknuté tlačítko, jsou hodnoty z aliasů převedeny na čísla od 0 do 9. Číslo reprezentuje vybraný produkt a zároveň vstupuje jako ukazatel do polí v řídicím algoritmu. Řídicí algoritmus se skládá ze 4 podmínek `If`, které jsou do sebe postupně vnořeny. První podmínka provádí kontrolu, jestli byl zvolen nějaký produkt, pokud ano program pokračuje na další podmínce. Druhá podmínka řeší, zda vybraný produkt není vyprodaný, pokud ano mincovník vrátí vhozenou částku. Když bude zvoleného produktu dostatek, program pokračuje na 3. podmínce, která kontroluje dostatečný obnos. V případě vhození většího obnosu než je cena produktu dojde k vypočítání částky, která se má vrátit zákazníkovi. Poté je zavolán podprogram `jde_vratit`, který zjistí, zda se dá částka k vracení vůbec vydat ze zásobníku. Může se například stát, že se má vrátit koruna, ale zásobník s korunami je prázdný. Když se taková varianta stane, mincovník produkt nevydá, ale vrátí vhozenou částku. V případě možnosti vrácení částky se zavolá podprogram `vypocet_vrac`, který uloží do pole `pocet_vrac` počty mincí, které se mají vrátit. Následně se odečte jeden zvolený produkt a zobrazí se obrazovka reprezentující vydávání produktu.

Po stisknutí tlačítka u otvoru pro vhod mincí, se vrátí aktuálně vhozená částka v mincovníku.

3.3.5 Proces Vracení

Proces `Vraceni` ovládá serva, která vyšoupávají mince ze zásobníku. Jako typ procesu je zvolen `normal` s periodou 500 ms.

Proces je uvozen podmínkou `If`. Řídicí alias podmínky je `smer_serv`, který rozděluje proces do dvou částí. V první části se šoupata ze zásobníků vytahují a v druhé části zasouvají. Části procesu se střídají po uplynutí periody procesu.

V první části procesu je za sebe seřazeno 5 podmínek `If`. Program skočí do podmínky `If`, když v poli `pocet_vrac` je uložena hodnota větší než jedna. V podmínce `If` se odečte počet mincí, které se mají vrátit. A následně modul `ARI_DigOut` nebo `FreqOut` nastaví řídicí hodnoty tak, aby se serva vysunula ze zásobníků. Modulem `ARI_DigOut` se posílají data to mikrokontrolérum, který generuje PWM signál pro poslední 2 serva. Viz výpis kódu 3.

```

1  If @smer_serv
2      Let @varac_if = pocet_vrac[0,0] > 0
3      If @varac_if
4          Let pocet_vrac[0,0] = pocet_vrac[0,0] - 1
5          Let @servo_10 = false
6          ARI_DigOut 2, 0, 8, Out_modul, 0x00000003
7      EndIf
8  ...

```

Ukázka kódu 3: Vracení mincí

V druhé části procesu program pomocí modulu `ARI_DigOut` a `FreqOut` zasune šoupata do zásobníku. Zasunutí způsobí vracení požadovaných mincí.

3.3.6 Obrazovky

Celý mincovník používá pro komunikaci se zákazníkem a obsluhou 16 obrazovek. Běžný zákazník může spatřit pouze 9 obrazovek, protože nezná heslo v obrazovce login, kterým by se dostal do nastavení mincovníku.

Při startu mincovníku se zobrazí první obrazovka s názvem „Úvodní.“ Na obrazovce se pouze zobrazí velkým písmem název práce a pod názvem malými písmeny jméno autora. Po třech sekundách prvek `Timer` vyvolá script, který zajistí přechod na obrazovku „Hlavní.“ Na obrazovce „Hlavní“ se mění dva texty, pomocí prvku `Blinker`. První text: „1. Vhodte mince“ a druhý text: „2. Zvolte produkt.“ V levém dolním rohu je zobrazen aktuální čas. V pravém dolním rohu se nachází prvek `NumericView`, který je navázaný na proměnnou `castka_vhoze`. Hodnota proměnné odpovídá aktuálně vhozené částce v mincovníku.

Pomocí skriptů na „Hlavní“ obrazovce, které jsou navázané na proměnné v mincovníku, se může zobrazit jedna ze 4 havarijních obrazovek. Havarijní obrazovky se jmenují: „Mimo provoz, Nelze vrátit, Není produkt, Není suma.“ Obrazovka „Mimo provoz“ se zobrazí pouze, když ve vracejících zásobnících je menší částka než 50 Kč. Zobrazí se proto, aby nedošlo k ošizení zákazníka, v případě vhození padesátikoruny a rozhodnutí se, že chce vhozenou padesátikorunu vrátit. Obrazovka „Nelze vrátit“ se zobrazí pouze, když nelze vrátit částku k vybranému produktu. Místo vydání produktu se vrátí celá vhozená částka. Obrazovka „Není produkt“ se zobrazí, když zvolený produkt je vyprodaný. Obrazovka „Není suma“ se zobrazí, když zákazník zvolí produkt, na který nevhodil dostatečný obnos.

Při splnění všech podmínek pro vydávání produktu (viz kapitola 3.3.4) se zobrazí obrazovka „Vydávám produkt,“ která zákazníka informuje jaký produkt byl zvolen a kolik stál. Obrazovka se zobrazí pouze 3 s. Po uplynutí nastaveného intervalu se zobrazí obrazovka děkujeme, na které mincovník děkuje za zakoupení produktu. Po uplynutí tří sekund se zobrazí opět „Hlavní“ obrazovka.

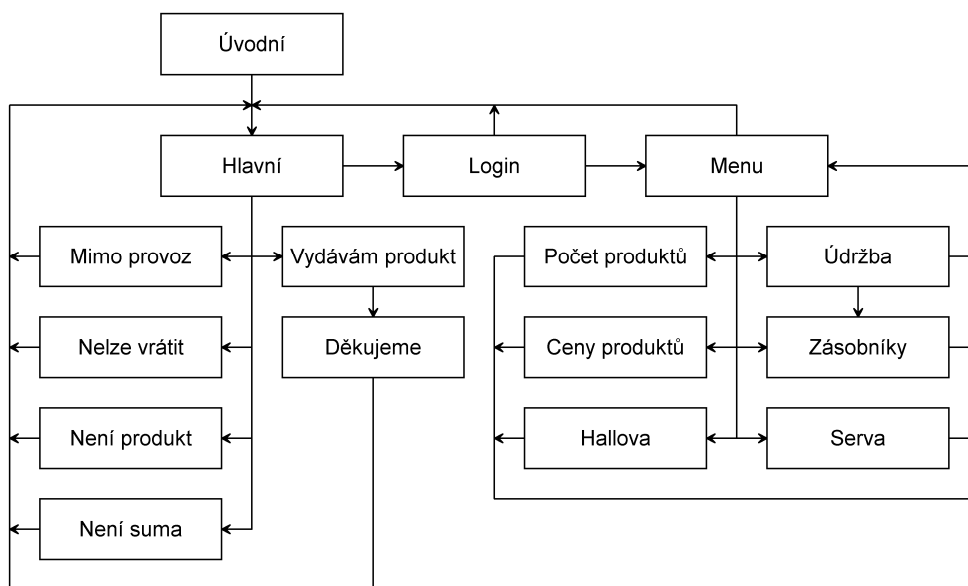
Do nastavení mincovníku se údržba dostane stisknutím klávesy `Enter`. Po stisknutí klávesy se zobrazí obrazovka „Login.“ Na této obrazovce musí obsluha vybrat jméno a za-

dat heslo. Lze se přihlásit buď do skupiny technolog nebo programátor. Po správném zadání hesla se zobrazí obrazovka „menu.“

Na obrazovce „Menu“ se nachází dva prvky `MenuScreen`, pro každý typ skupiny jeden. Prvek `MenuScreen` se chová jako běžné menu a slouží k přechodu na další obrazovky. Lze vybrat z 6 obrazovek. Obrazovky jsou: „Údržba, Zásobníky, Počet produktů, Ceny produktů, Hallova a Serva.“ Poslední dvě obrazovky může zvolit pouze uživatel ze skupiny programátor. Stiskem tlačítek nahoru nebo dolů, se pohybuje ukazatel na řádek v menu. Stisknutí tlačítka `Enter` zobrazí řídicí systém zvolenou obrazovku.

V obrazovce „Údržba“ lze nastavit režim doplňování mincí. Po zvolení režimu doplňování mincí se zobrazí obrazovka „Zásobníky“ a vynulují se záznamy odpovídající velkému zásobníku. Na obrazovce jsou umístěny prvky `ProgressBar`, které odpovídají naplnění zásobníků. Na obrazovce „Počet produktů“ lze nastavit počet produktů v mincovnících. V obrazovce „Ceny produktů“ lze nastavit ceny produktů. Na obrazovce „Serva“ lze pomocí prvku `NumericMtxEdit` nastavit hodnoty matice `serva`. V matici jsou uloženy střidy `serv`. Na obrazovce „Hallova“ lze stejným způsobem nastavit matici `hallova_kons`. S maticí se pracuje v procesu vstup jak lze vidět v kapitola 3.3.3. Z těchto obrazovek se lze vrátit na obrazovku „Menu“ stisknutím tlačítka `Esc`.

Všechny použité obrazovky a přechody mezi nimi jsou na obrázku 9.



Obrázek 9: Blokové schéma obrazovek

4 Závěr

Mincovník je ojedinělý ve způsobu rozlišování mincí. Na místo vážení mincí nebo jiné metody měření mincí je použito rozeznávání mincí podle jejich magnetických vlastností. K tomu je využita Hallova sonda. Tato metoda se oproti komerčně využívaným vyznačuje vysokou rychlostí a přesností.

Jelikož jsou mince kontrolovány dvěma metodami, nelze mincovník obelstít, například vhozením kovových nebo plastových koleček. Měřené objekty by odpovídaly některé velikosti mince, ale Hallova sonda by zaznamenala, že se nejedná o českou minci. Mincovník nepřijímá mince jiných měn.

Mincovník podporuje celou emisi českých mincí. Mincovník obsahuje zásobník i na dvacetikoruny, což není běžné. Rozložení počtu mincí, které se vrací zákazníkovi, je nejprve optimalizováno podle potřeb mincovníku a poté je brán zřetel na priority zákazníka. Což znamená, že částka je vytvořena z největších hodnot mincí.

Takto navrhnutý mincovník, by se dal aplikovat v jakémkoliv výdejním automatu. Například ve výdejním automatu na kávu nebo jízdenky.

Projekt by se dal rozšířit o administraci např. pomocí aplikace Control Web.

Seznam obrázků

1	Rozmístění fototranzistorů	5
2	Hallův jev	6
3	Výkres předního panelu	8
4	Měřicí zařízení	9
5	Konstrukční provedení propadlišť	10
6	Blokové schéma použitých obvodů	11
7	Schéma měřiče mincí	14
8	Schéma omezovače proudu	15
9	Blokové schéma obrazovek	20
10	DPS hlavní desky	27
11	Rozmístění součástek na hlavní desce	27
12	DPS měřících desek	28
13	Rozmístění součástek na měřících deskách	28
14	DPS omezovače proudu	29
15	Rozmístění součástek na desce omezovače proudu	29
16	Vnitřní strana nosné desky	30
17	Přední strana mincovníku	31
18	Zadní strana mincovníku	32

Seznam tabulek

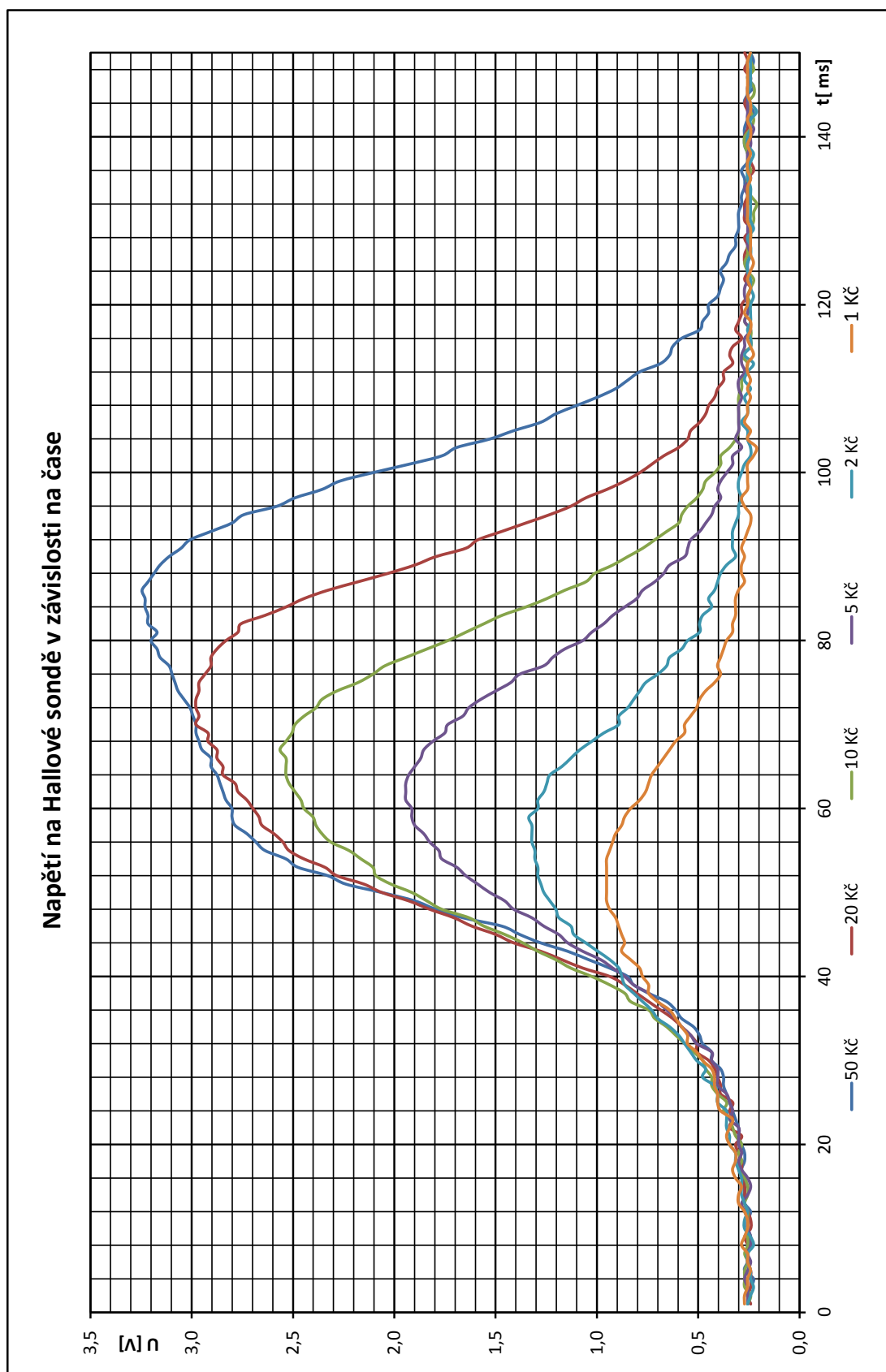
1	Vlastnosti mincí	5
2	Technické parametry AMiNi2D	12
3	Technické parametry zdroje AZ124V/1.2A	13
4	Typy procesů	15

Použitá literatura a prameny

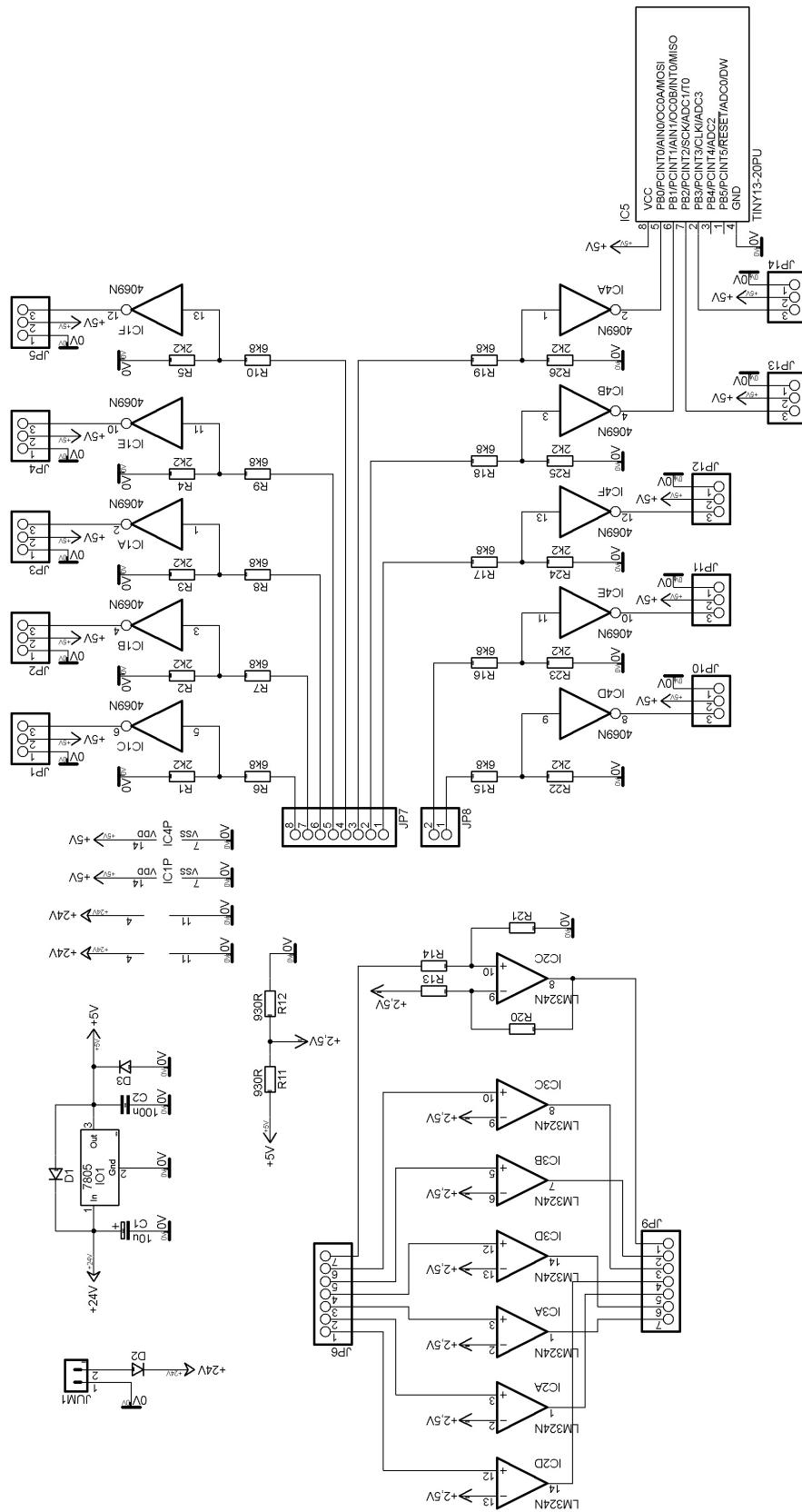
- [1] AMiT. *AMiNi2(D)* [online]. [cit. 11. 3. 2014]. Dostupné z: <<http://www.amit.cz/docs/cz/obsolete/amini2dm.pdf>>.
- [2] AMiT. *AZI 24V/1.2A* [online]. [cit. 11. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.amit.cz/docs/cz/zdroje/az1-2412_d_cz_100.pdf>.
- [3] AMiT. *DM-UI8DO8* [online]. [cit. 11. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.amitautomation.cz/docs/cz/dm-xx/dm-ui8do8_d_cz_100.pdf>.
- [4] ATMEL. *ATtiny13* [online]. [cit. 11. 3. 2014]. Dostupné z: <<http://www.atmel.com/Images/doc2535.pdf>>.
- [5] ČERNOŠEK, M.: Konstrukční návrh prodejního automatu na energetické tyčinky. Bakalářská práce, VUT, Brno, 2011.
- [6] ČNB. *Bankovky a Mince* [online]. 2011. [cit. 11. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/miranda2/export/sites/www.cnb.cz/cs/o_cnb/publikace/download/brozura_DL_bankovky_mince.pdf>.
- [7] LÁNÍČEK, R. Elektronika: obvody-součástky-děje. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 1998. 479 s. Technical report, ISBN 80-86056-25-2.
- [8] PRAŽÁK, J.: Návrh a konstrukce elektronického mincovníku. Absolvenská práce, Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy SEZIMOVO ÚST, Sezimovo Ústí, 2013.

A Přílohy

A.1 Napětí na Hallově sondě

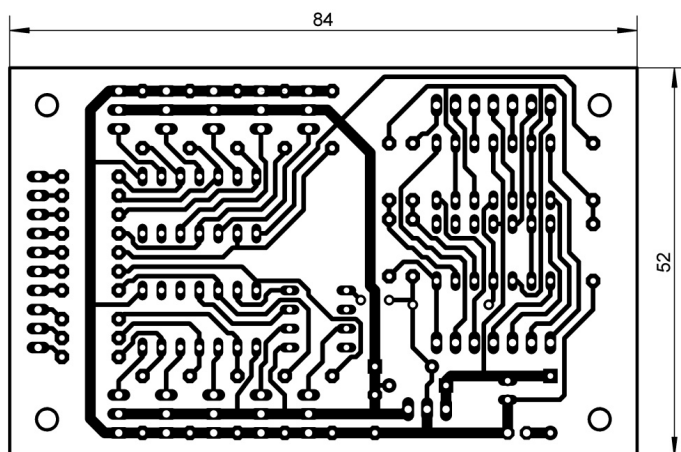


A.2 Schéma základní desky

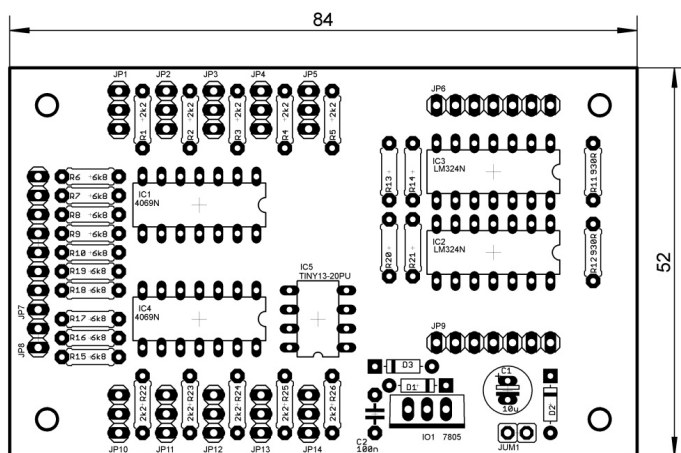


A.3 Desky plošných spojů

A.3.1 Hlavní deska

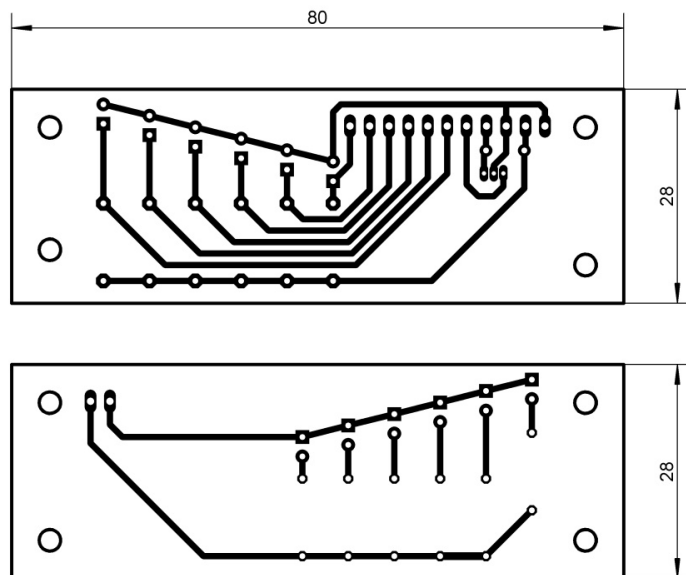


Obrázek 10: DPS hlavní desky

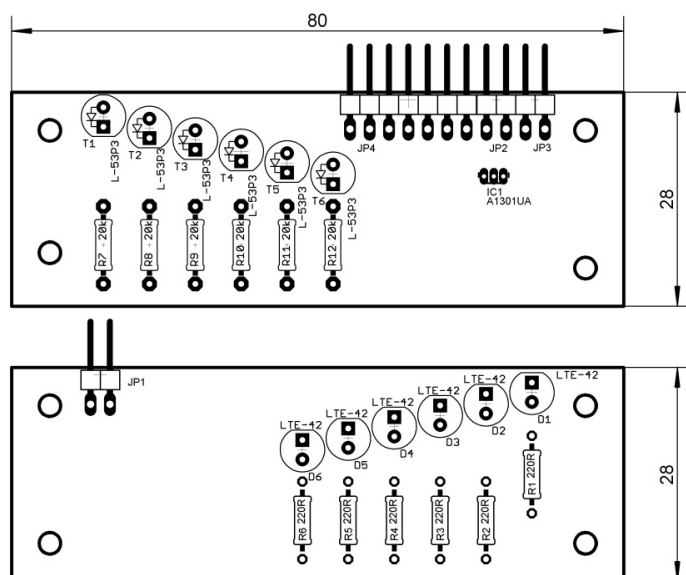


Obrázek 11: Rozmístění součástek na hlavní desce

A.3.2 Měřicí desky

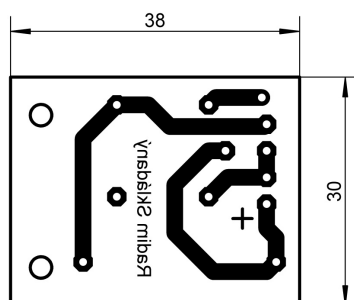


Obrázek 12: DPS měřících desek

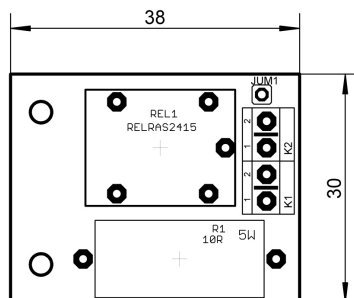


Obrázek 13: Rozmístění součástek na měřících deskách

A.3.3 Omezovač proudu

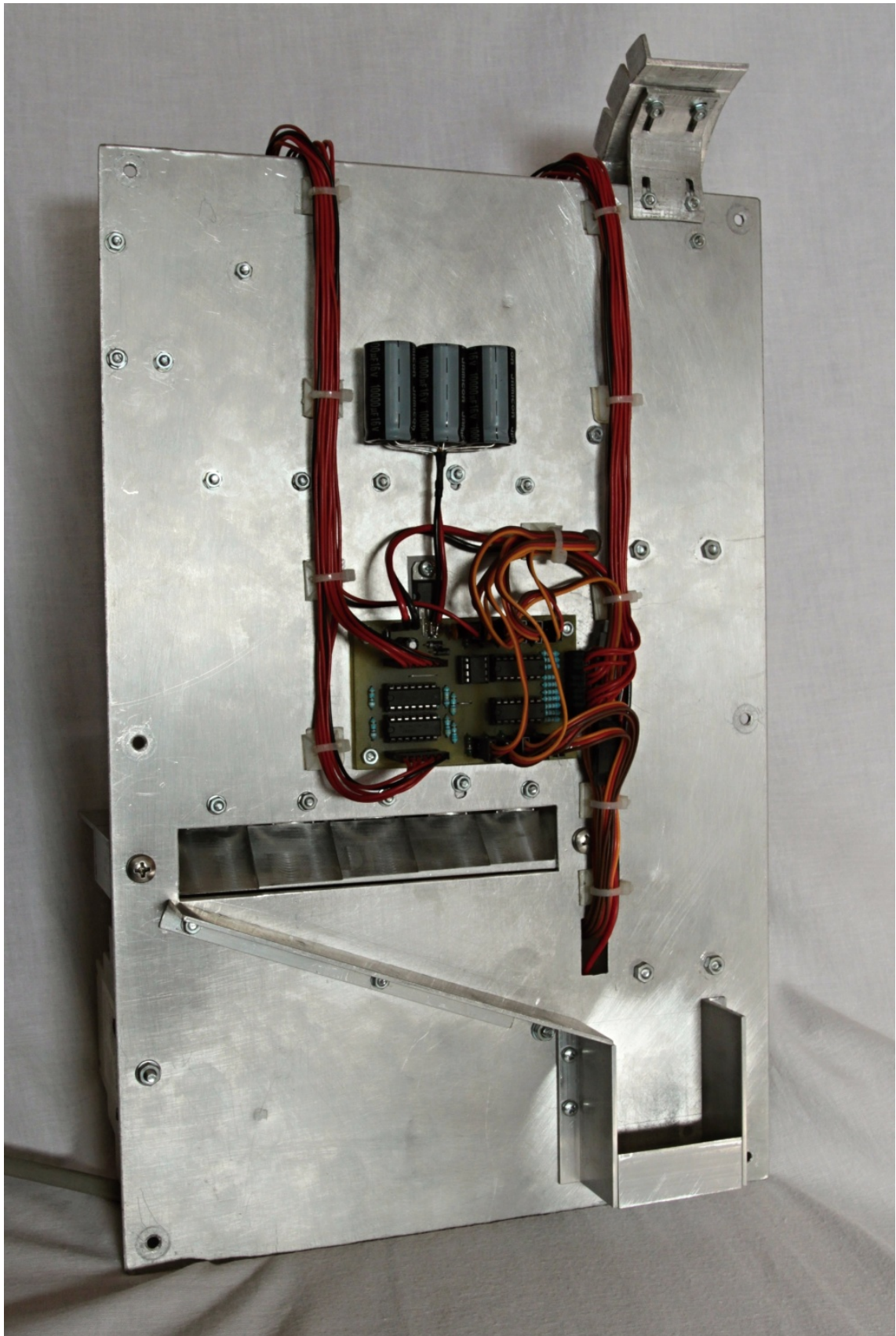


Obrázek 14: DPS omezovače proudu



Obrázek 15: Rozmístění součástek na desce omezovače proudu

A.4 Fotky



Obrázek 16: Vnitřní strana nosné desky



Obrázek 17: Přední strana mincovníku



Obrázek 18: Zadní strana mincovníku