VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ELEKTRIFIKACE A ŘÍZENÍ MOBILNÍ KMENOVÉ PÁSOVÉ PILY

PORTABLE SAWMILL ELECTRICAL INSTALLATION AND CONTROL DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE Jakub Pospíšil
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing.Jakub Arm
SUPERVISOR

BRNO 2020

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Jakub Pospíšil ***ID:*** 195419
Ročník: 3 ***Akademický rok:*** 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Elektrifikace a řízení mobilní kmenové pásové pily

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Pro danou pilu navrhněte a realizujte vhodnou elektrickou instalaci, která bude obsahovat i řízení vestavného typu. Vyberte vhodné komponenty pro elektrifikaci i pro řízení daného stroje.

1) Definujte požadavky na funkce a vlastnosti stroje.
2) Navrhněte schéma elektrického zapojení s řídicím systémem.
3) Realizujte elektrifikaci, integrujte řízení a oživte stroj.
4) Navrhněte a implementujte softwarové vybavení.
5) Otestujte funkčnost a vyhodnoťte vlastnosti.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Kernighan Brian, Dennis Ritchie. Programovací jazyk C. COMPUTER PRESS, 2019. 288 s. ISBN 978-80-2-1-4965-2 .

Termín zadání: 3.2.2020 ***Termín odevzdání:*** 8.6.2020

Vedoucí práce: Ing. Jakub Arm

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

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

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem elektrického systému pro elektrifikaci mobilní pásové pily. Zahrnuje technické údaje a paramtery stroje, jeho požadované vlastnosti a funkce.

Obsahuje podrobné informace potřebné pro návrh elektrického řízení a návrh elektroinstalace. Poskytuje data pro výrobu desek plošných spojů. Vysvětluje použití jednotlivých komponenet použitých pro návrh. Celý design je navržen s ohledem na bezpečnost a snadné použití. Poslední část je věnována realizaci návrhu a implementaci softwaru.

Klíčová slova

Pásová pila, automatizace, elektrické řízení, stm32f103, lora, beztrátové řízení

Abstract

The bachelor‘s thesis deals with electrical system design for mobile bandsaw mill electrification. Includes technical data and parameters of the machine its required properties.

Contains detail informations necessary for electrical installation and electrical control design. It provides data for printed circuit board manufacture. The reasons for the each eletrical component use are explained. All the design is made with regard to safety and easy to use. Last part is dedicated to the next software development.

Keywords

Band sawmill, automation, electric control, stm32f103, lora, wireless control

Prohlášení o původnosti díla

Tímto prohlašuji, že tuto práci na téma Elektrifikace a řízení mobilní kmenové pásové pily jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s využitím zdrojů citovaných v práci .

V Brně dne 8.6.2020 _____

Jakub Pospíšil, autor práce

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing.Jakub Arm za vytrvalou metodickou pomoc během tvorby této práce a za cenné rady které vždy posunuly práci správným směrem.

Bibliografická citace

POSPÍŠIL, Jakub. *Elektrifikace a řízení mobilní kmenové pásové pily* . Brno, 2020 . Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Jakub Arm.

OBSAH

1 Úvod 1
2 Koncepce zařízení 2
2.1 Zadání 4
3 Vlastní návrh 6
3.1 Řídící elektronika 6
3.1.1 Napájení 6
3.1.2 Mikroprocesor 7
3.1.3 Zobrazovací displej 9
3.1.4 Paměť Flash 10
3.1.5 Ovládání pohonů os 11
3.1.6 Vstup-výstupní obvody 12
3.1.7 Bezdrátová komunikace 13
3.1.8 Program řízení 15
4 REALIZACE 16
4.1 Hlavní řídící elektronika 17
4.2 Stykačová-logická deska 19
4.3 Programová vybavenost 21
5 Závěr 24
Literatura 25
Seznam symbolů, veličin a zkratek 26
Seznam příloh 27

Seznam obrázků

Obr. 1 Pásová pila v provozním stavu 2
Obr. 2 Věž pily 3
Obr. 3 LCD displej s řadičem ILI9225 9
Obr. 4 Zapojení paměti typu Flash 10
Obr. 5 Řadič stejnosměrných motorů PowerSolution 200A(50V) 11
Obr. 6 Výstupní spínací obvody 12
Obr. 7 Vstupní obvod s optočlenem PC817 13
Obr. 8 Komunikační modul Ebyte,E32-868 14
Obr. 9 Změna v napájecí soustavě – nové zapojení 16
Obr. 10 Hlavní řídící deska (umístěna na opačné straně plechu oproti logické desce) 18
Obr. 11 Umístění elektroniky na držáku v rozvodnici 18
Obr. 12 Změna spínacích tranzistorů a rozložení(stará verze-vlevo, nová-vpravo) 19
Obr. 13 Popis stykačové desky 20
Obr. 14 Logická deska umístěna v rozvaděči stroje 21
Obr. 15 Blokový popis hlavního programu 22
Obr. 16 Blokový popis přerušení časovače TIM3 a kanálu UART 23

Příloha č. 1 Schéma zapojení řídící deska (1z5) 28
Příloha č. 2 Schéma zapojení řídící deska (2z5) 29
Příloha č. 3 Schéma zapojení řídící deska (3z5) 30
Příloha č. 4 Schéma zapojení řídící deska (4z5) 31
Příloha č. 5 Schéma zapojení řídící deska (5z5) 32
Příloha č. 6 Návrh řídící elektroniky, plošný spoj(2 vrstvý) 33
Příloha č. 7 Schema zapojení kompletní elektroinstalace 34

Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled vlastností mikroprocesoru STM32F103ZFT [4] 8

1 ÚVOD

Dnešní doba nás bezesporu utváří v konzumní společnost. Získávání surovin, jejich efektivní zpracování a využití je hlavním pilířem pokrytí našich statkových potřeb. Spotřeba dřeva jakožto suroviny ani v moderní době neklesá. Naopak se s popularizací dřevostaveb stává žádaným artiklem.

Jeho zpracování pro účely konstrukčního řeziva, vyžaduje maximální efektivitu. Při podélném pořezu kulatiny je především dbáno na co nejmenší prořez řezného nástroje a maximální rychlost s jakou je stroj schopen kulatinu dělit. Dalším ekonomickým aspektem je i poměr lidské práce ke strojové. Čímž opět snaha směřuje k vyšší účinnosti strojové práce, která je levnější.

Logickým směrem je nástup pásových pil. Svými vlastnosti vytlačují dodnes používané rámové pily, založené na principu kmitavého posuvného posuvu napnutých pilových pásů umístěných kolmo ke kmenu. Pila je stacionární a posunovaný do řezu je pak materiál(kmen). Ten je umístěn na kolejnicových vozících, které slouží k vedení materiálu. Výhoda koncepce plyne z většího počtu pilových pásů, nastavených podle požadovaných tlouštěk řeziva. Tím při jednom průchodu pilou stroj rozřeže celý kmen naráz.

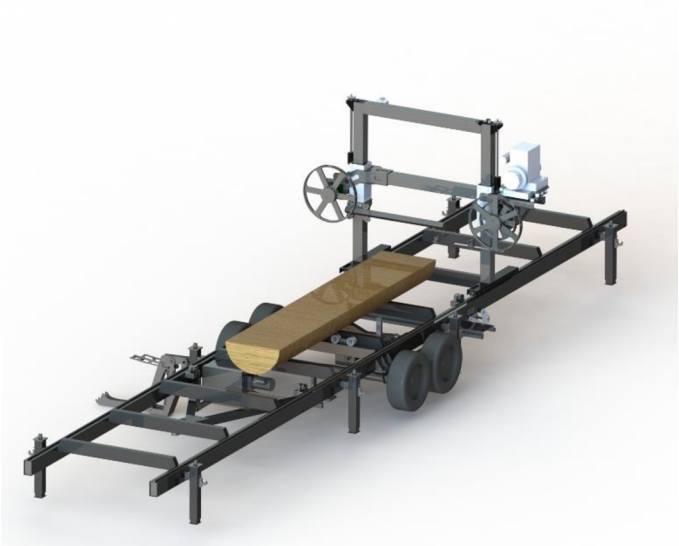
U pásových pil je materiál upnut na rámu stroje, zatímco věž, obsahující řezný nástroj(pás), pojíždí po rámu podél kmene. Pokud zavedeme konvenci kartézského souřadnicového sytému a podél kmene položíme osu X. Potom osa X je podélný posuv věže. V ose Z, kolmé k rovině rámu stroje je nastavována výška pilového pásu. Vedený je po dvou oběžných kolech v nekonečné smyčce, přičemž jedna je poháněna zdrojem točivého momentu. Při stacionárním umístě pily bývá použit elektromotor, zatímco pro mobilní pily je to motor spalovací.

Tímto krátkým úvodem se dostáváme k jádru této práce a to ke kmenovým pásovým pilám.

Právě pro pásovou pilu bude úkolem této práce navrhnout elektrický systém, který bude schopen zajistit všechny funkce stroje. Zároveň musí splňovat požadavky na na robustnost elektrické sítě proti nežádoucím stavům nebo poškození a na dynamiku řízení.

2 KONCEPCE ZAŘÍZENÍ

Zařízení pro které je elektroinstalace navrhována je mobilní pásová pila. Nejde o komerčně vyráběný stroj, nýbrž o vlastní konstrukci. Návrh vychází ze standardních požadavků u strojů tohoto zaměření, jako je efektivita provozu, intuitivní ovládání a rozměry. Posledně jmenovaný ačkoliv zdaleka nejdůležitějším paramterem jsou rozměry. U stacionárních pil lehce opomijitelný paramter avšak u pily mobilní, kterou tato je, velmi důležitý. Jak z názvu vyplývá, tento stroj je možné mimo trvalého provozu na jednom místě, také převážet. Zvyšuje se tak jeho variabilita a rozšiřují se oblasti použití. Díky dvounápravovému podvozku s homologací pro provoz na pozemních komunikacích, lze bez problému stroj převážet v závěsu za osobním automobilem. Celá konstrukce je převozu přizpůsobena a je možné ji složit z 9000mm délky na polovinu. Tato modifikace opět zvyšuje užitnou hodnotu a flexibilitu stroje.
Následující obrázek demonstruje stroj v provozním stavu s upnutým materiálem.(viz.obr. 1.).

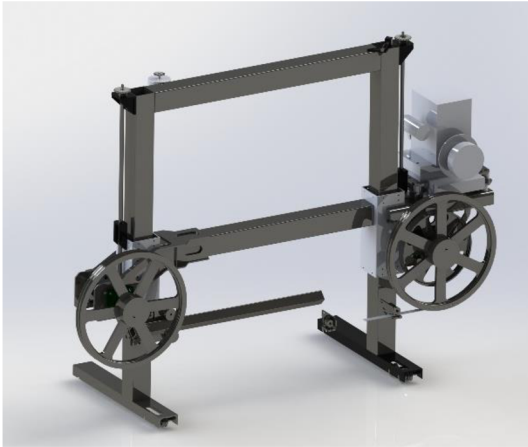


Obr. 1 Pásová pila v provozním stavu

Zařízená sestává ze dvou hlavních částí, věže a lavice:

Věž

Pohybující se část, zahrnuje řezný nástroj, jeho posuv ve svislném směru a pohon. Řezným nástrojem je pilový pás o délce 5000mm, bežící po dvojici oběžných kol. Obě kola jsou od sebe odtahovány napínacím systémem.
O pohon těchto kol se stará 3-válcový vznětový motor o objemu 700cm3.



Obr. 2 Věž pily

Lavice

Je statická, pro ustavení má po obvodu opěrné nohy. V nerovném terénu, vyrovnávají dráhu která je zároveň vedením pro věž. Hlavní funkcí je upnutí řezaného materiálu, otáčení kmene a jeho naložení. Všechny mechanismy na lavici jsou ovládány hydraulicky, pomocí hydraulického agregátu s elektrickým pohonem o výkonu 2,5kW. Tlaková kapalina(olej) je pak rozdělena sekčním manuálně ovládaným rozvaděčem a distribuovaná hydaulickými hadicemi do válců a hydromotorů.

2.1 Zadání

Dle zadání by měla tato práce učinit mnohá rozhodnutí stran návrhu elektroinstalace tak aby bylo možné na těchto podkladech realizovat řízení stroje určeného pro pořez kmenové kulatiny.
Jako svoje cíle si vytyčuje navrhnout řídící systém, který bude schopen řídit všechny procesy nutné k provozu stroje. Zároveň toto řízení musí být intuitivní a snadné na obsluhu se zachovanou produktivitou a variabilitou stroje. Vzhledem k tomu že jde o průmyslové využití pily, musí být elektronika dostatečně robustní a bezpečná, tak aby bylo možné předcházet škodám a zraněním.

Body dle zadání:

Definujte požadavky na funkce a vlastnosti

Požadavky a vlastnosti byly obecně již uvedeny ale funkcí které jsou od systému vyžadovány je celá řada. Musí:

-Podporovat 12ti voltový systém napájení z olověného akumulátoru
-Zajistit výstupní spínací kanály pro ovládání spotřebičů o systémovém napětí(12V) a proudu do 300mA. S podporou spínání induktivní zátěže o frekvenci spínání do 5Hz. (V počtu 12 kusů)
-Vstupní logické kanály s logikou 0V(log.0), 12V(log.1) s frekvencí do 80kHz. (V počtu 12 kusů)
- Podporovat připojení optických enkoderů pro odečet posuvu os stroje. (V počtu 2ks)
-Mít zobrazovací prvek pro zobrazování informací o stavu stroje popřípadě poruše.
-Zajistit ovládání tří stejnosměrných motorů o výkonu do 500w(12V) s podporou zpětné vazby o stavu řadiče motorů.
-Obsahovat bezdrátovou komunikaci, pro přenos dat mezi strojem a řídícím ovladačem.
-Zastřešit funkce obsluhy spalovacího motoru, tedy start motoru, žhavení, čerpání paliva, regulaci otáček a poskytnout zpětnou vazbu o rychlosti otáčení pohonné jednotky.
-Zabezpečit ochranu odstavením napájení při poruše stiskem stop-spínačů rozmístěných na vnější straně stroje.

Navrhněte schéma elektrického zapojení.

Předpokládáme využití návrhového systému Eagle od společnosti Autocad a jeho prostředí pro návrh jak samotných schématických diagramů zapojení tak i desky plošných spojů řídící elektroniky.

Návrh bude obsahovat systematicky rozčleněný popis zapojení všech prvků s ohledem na přehlednost a jednoduché porozumění sytému. Tato schémata by se měla stát přiloženou dokumentací ke stroji, tak aby je bylo možné použít pro servisní účely nebo rychlé vyhledání poruchy.

Navrhněte řídící systém

Návrh by měl proběhnout na úrovni slovního popisu a grafického průvodce rozvržením funkcionalit začleněných do programu, který bude realizován v následující práci.

Software použitý k návrhu kodu bude pravděpodobně VisualStudio od společnosti Microsoft. Důvodem je snadné použití, intuitivní prostředí a především již předchozí zkušenost s tímto softwarem.

Jazykem návrhu se stane jazyk C, popřípadě objektově orientovaný jazyk C++. Opět připadá volba na tyto dva z důvodu již předchozí kladné zkušenosti a především již navržených vlastních knihoven a částí kódů. Ty budou vhodným základem pro stavbu nového řídícího systému.

3 VLASTNÍ NÁVRH

Schéma elektrických rozvodů se nachází v příloze č.7 .

3.1 Řídící elektronika

Schémata řídící elektroniky, včetně navrženého plošného spoje leží v příloze č.1-6 .

3.1.1 Napájení

Pro napájení obvodů je třeba zprostředkovat stabilní a nezarušené napájecí větve. Hlavním a jediným zdrojem napájení je olověný akumulátor o jmenovitém napětí(12v) a kapacitě 74Ah. Zajišťuje stabilní napájení nejen pro logické obvody. Napájeny jsou z něho i řadiče motorů pro posuvy os stroje. Výhodu tohoto řešení proti napájení z generátoru na spalovacím motoru je možnost pozicovat s osami i bez nastartovaného agregátu. Není to jen pro pracovní stav ale hlavně opatření pro případy poruchy motoru nebo stavu kdy není žádoucí start motoru. To se týká hlavně zaseknutí pásu v materiálu kdy je nutné bez pohonu pilového pásu posunovat s osami.

Tento systém však může pracovat jen omezenou dobu a to nejdéle do vybití akumulátoru. Řešení se nabízí přívod stejnosměrného proudu. To však u stroje, který je z principu mobilní není ideální. Nabízí se možnost, využít točivého momentu spalovacího motoru a část jeho výkonu převádět na elektrickou energii. Se stejným problémem se potýkali konstruktéři automobilů a je tedy již vyřešen. Pro přeměnu mechanické energie na elektrickou využili alternátor. Většinou jde o 3 fázový generátor s diodovým usměrněním na výstupu fází. Produktem je sice proud střídavý což pro dobíjení akumulátoru není vhodné, ale po usměrnění se stává díky 3-fázovému můstku stejnosměrným proudem.

V zápětí by vyvstal problém s regulací takového nabíjení. Ovšem i toho je již vyřešeno a to zavedení zpětné vazby z výstupu alternátoru na jeho budící vinutí.

Při překročení napětí na akumlátoru přes jeho maximální provozní hodnotu regulační soustava přestane budit rotor generátoru a skokově snižuje nabíjecí proud. Do jisté míry předpokládáme že za běhu spal.motoru bude hlavní odběry elektrických spotřebičů pokrývat právě alternátor a zbytek energie hromadit v akumulátoru.

To by bylo velmi stručně ke zdroji napájení. Detailní schéma elektroinstace včetně napájecí obvodů je v příloze.

Stejnosměrné napětí na svorkovnici SP je dvojicí seriově zapojeních lineárních regulátorů napětí nejdříve obvodem MC7805 sníženo na ním pevně nastavenou hodnotu 5.0V a později LM1117 vytváří konečné napětí 3.3V. Poslední napětí je

důležité pro chod obvodů mikroprocesoru(dále jen MCU) STM32F103, který díky své architektuře vyžaduje napětí 3.3V a má ttl logiku omezenou 3.3 volty na vstupní i výstupních jak logických tak i analogových obvodech.
Na napájení MCU je daný nejvyšší důraz. Důležitý je zdroj proudu stabilní ale hlavně schopný dynamicky dodávající špičkové proudy. Důvodem je vlastní princip logických obvodů, které ve vysokých frekvencích mění logické úrovně signálů. Tak aby každý z jeho napájecích vstupů byl schopen dodat špičkový proud, jsou bezprostředně u vývodů pouzdra umístěny keramické kondenzátory o kapacitě 100nF. Je to hodnota předepsaná výrobcem a má stačit jako lokální akumulátory energie pro každý vstup.
Toto se týká logické části, nicméně MCU je schopno zpracovat i analogové vstupní signály. Pro periferie které obsluhují funkce převodů spojitého signálu na diskretní má čip svoje separátní nápájecí vstupy. Ty jsou taženy zvlášť od digitálního napájení tak aby se omezilo rušení které digitální část do zpracování zanáší. Spojení těchto dvou větví je co nejblíže svorkovnici celé desky.
Podobně je tomu i u oddělení „silové“ větve pro tranzistory v zapojení pro spínání vnější zátěže. Opět je jak + tak i zemní přívod napojen až co nejblíže ke zdroji. Větvení rozvodů je navrženo tak aby byly omezeny zemní smyčky. Kapacity u tranzistorového pole pak opět zprostředkovávají nejbližší a nejrychlejší zdroj proudu.
Celá elektronika je od zdroje(akumulátoru) chráněna předřazenou kombinací pojistky a varistoru. Proudová pojistka F1 chrání zdroj proti zkratu a pokud napájecí napětí překročí jmenovitou hodnoto varistoru R98, dojde k jeho prudké změně odporu(poklesu) a krátkodobému zvýšení proudu pojistkou, což po překročení její jmenovité hodnoty, ji přepálí a odpojí elektroniku od zdroje.
Dalším zdrojem ovšem už co do kapacity zanedbatelným je článková baterie CR2032, která při odpojení veškerého napájení udržuje nízkoodběrové registry(řádově nA - uA) a časové obvody v MCU při životě. Lze zachovat provozní data a nebo aktuální čas.

3.1.2 Mikroprocesor

Nejdůležitější částí v celém sytému řízení.
Mikroprocesor zajišťuje příjem dat ať digitálních nebo analogových a na jejich základu a především podle přesně daných instrukcí(programu) rozhoduje o funkcích a okamžitých stavech svých výstupů. Pomocí na něj připojených periferních obvodů, je možné jeho prostřednictvím spínat výkonové prvky jako jsou elektromagnetické cívky nebo elektromotory nebo komunikovat s dalšími subsystmémy.

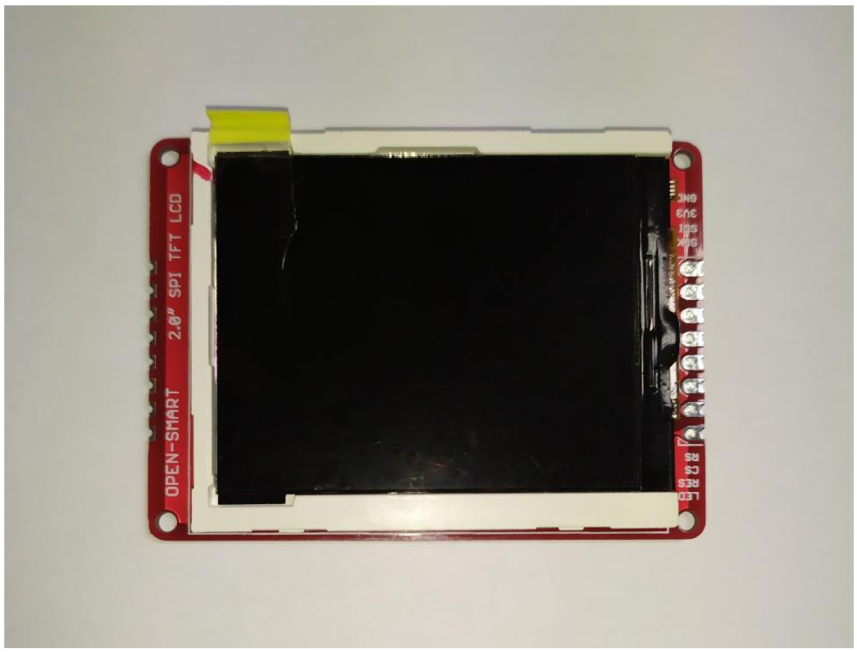
Pro tuto aplikaci představuje ideální volbu, vzhledem k jeho univerzálnímu použití, rychlosti zpracování instrukcí. Jedním z náhradních možných řešení by bylo použití tzv.FPGA. Jde o programovatelné hradlové pole, které oproti principu vykonání vždy jen jediné instrukce a tedy zásahu, může vykonávat více kroků v jednom hodinovém cyklu. Tato výhoda je mu propůjčena jeho architekturou pole logických spínacích prvků, které lze programově nastavovat a tím vytvářet vlastní vyhodnocovací logickou platformu. Lze pak separátně řídit více procesů.
Oproti tomu MCU pracuje s jednou aritmeticko-logickou jednotkou, která zpracovává vždy jedinou instrukci. U univerzálních MCU bývá na čipu integrováno ještě několik pomocných periferii, jako je časovač, vstup-výstupní obvody, nebo hardwarová podpora pro komunikaci, jako(I2C-inter-integrated circuit, SPI-serial-peripherial interface, UART-universal asynchronous receiver-transmitter). Detailní přehled architektury MCU lze nalézt v odkazu [4]. Jde o mikroprocesor od předního výrobce elektroniky „STM“ , STM32F103ZFT v pouzdru LQFP 144(provedení povrchové montáže).
Jde o čip z řady mikroprocesorů založených na jádru ARM, Cortex M3 s 32-bit RISC jádrem.

Tab. 1 Přehled vlastností mikroprocesoru STM32F103ZFT [4]

Kmitočet taktování	72MHz
Počet vstupů/výstupů	112
Paměť SRAM	96kB
Paměť FLASH	768kB
Pouzdro	LQFP144
Napájecí napětí	2 až 3.6V DC
Další vybavení	Čítač/časovač(14x), CAN, I2C(2x), SPI(3x), USB

3.1.3 Zobrazovací displej

Použit displej typu LCD, neboli Liquid Crystal Display, český význam pak Displej tekutých krystalů. Konkrétně jde o maticový zobrazovací displej s řadičem od firmy Ili Technology Corporation, typu ILI9225[5]. Jeho ovládání nadřazeným systémem, v našem případě mikroprocesorem může teoreticky probíhat hned na několika různých platformách komunikace. Teoreticky proto, neboť displej samotný ostatní typy komunikace kromě SPI, nepodporuje, jejich vývody z řadiče nejsou vyvedeny. Máme tedy možnost řídit pouze pomocí sběrnice SPI, což ale není nevýhodou, naopak pokud použijeme externí paměť typu FLASH se stejnou sběrnicí, můžeme oba komponenty zapojit na stejné vývody MCU a zrychlit a zjednodušit pak komunikaci s nimi. Ve zmíněné paměti můžeme uložit výchozí data pro zobrazení na displeji a pak toto spojení nabývá smyslu. U SPI není problém s připojením více zařízení na stejnou sběrnici, neboť výběr obvodu se kterým bude nadřazený sytém(u nás MCU) komunikovat je realizován CS pinem(Chip select-Výběr čipu). Každé zařízená na sběrnici má vlastní signál CS a pouze pokud je v příslušné úrovni dle protokolu komunikace, reaguje na data na sběrnici. Ostatní zařízení pak data na sběrnici ignorují.



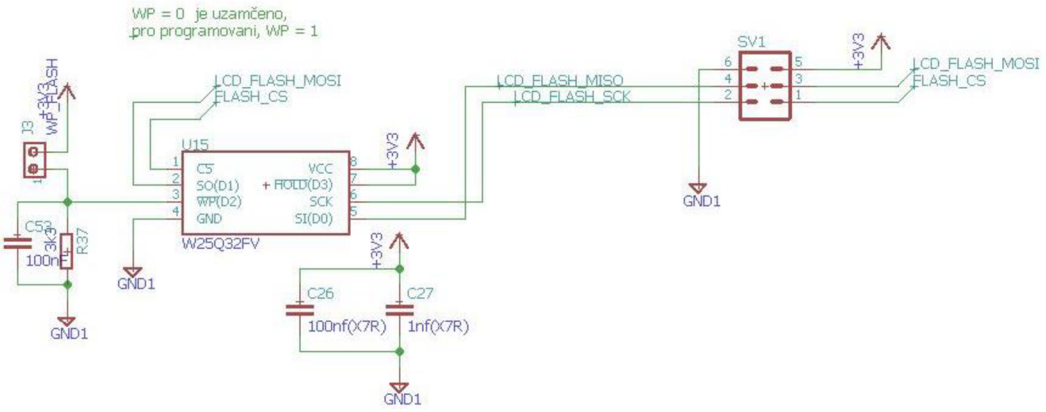
Obr. 3 LCD displej s řadičem ILI9225

3.1.4 Paměť Flash

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, displej ke svojí funkci potřebuje na poměry mikroprocesoru velké množství paměti. Ne přímo během cyklu překreslování znaků nebo číslic ale především při inicializaci. Pro spuštění displeje je třeba mít uložená data pro první vykreslení obrazovky a později i znakovou sadu včetně číslic.

Pokud bychom tyto data která jsou nastavena ve většině jen jednou a to při výrobě desky nebo v omezené míře upraveny, ukládali do pamětí MCU, zbytečně bychom zaplnili tak cennou rychlou paměť. I proto je součástí systému paměť od společnosti Winbond, 25Q32 [7]. Jde o paměť typu FLASH o velikosti 32Mbit. Elektricky programovatelná paměť integrovaná včetně periferii, které zajišťují její správu a data přijímaná po sběrnici SPI dle příkazů ukládají, nebo zprostředkovávají na sběrnici nadřazenému zařízení.

Výhodou a důvodem použití tohoto typu paměti je její schopnost udržet data v ní uložená i bez připojeného napájení. Vhodná je tedy pro zaváděcí informace, které nejsou třeba často měnit. Pokud by bylo nutné opakovaně data měnit, výrobce doporučuje správu paměti s dynamickou změnou využívaných paměťových sektorů. Důvodem je opět omezená životnost paměťových buněk. Pro tento typ je udáván minimální počet přepsání na 100000 cyklů.



Obr. 4 Zapojení paměti typu Flash

3.1.5 Ovládání pohonů os

K polohování os stroje jsou použity stejnosměrné motory s permanentními magnety. Proto musí být mezi řídící elektronikou a samotnými elektromotory mezičlánek. Tím je řadič dc motorů. Pro svou kvalitní konstrukci a snadné a přitom bezpečné ovládání padla volba na řadič od maďarské společnosti PowerSolution[6]. V jejich portfoliu je hned několik výkonových řad řadičů pro řízení kartáčových motorů, stupňovaných podle proudového rozsahu. A to od řádově 50A(při 50VDC) až ke 500A pro napětí do 72VDC. Pro naše účely bude dostačující varianta se 100A při napětí do 50V. Bude poskytovat dostatečnou rezervu pro případnou výměnu motorů za výkonově silnější.

Blok určený pro řízení těchto řadičů, integrovaný na řídící desce se skládá ze tří výstupu, oddělených od externích obvodů pomocí trojice optoizolátorů. Toto řešení má zamezit nechtěným poškozením při například poruše vnějších systémů. Kromě výstupních obvodů obsahuje tato část i dva vstupní kanály. Oba jsou určeny pro přenos informace o stavu řadiče. Jde o dva digitální vstupy, také s galvanickým oddělením, zprostředkovávající 2bitovou informaci o přítomnosti chyby. Příkladem může být přehřátí spínacích prvků, zkrat na výstupu řadiče nebo překročení rozsahu napájecího napětí ať nad horní hranici nebo i pod spodní mez.

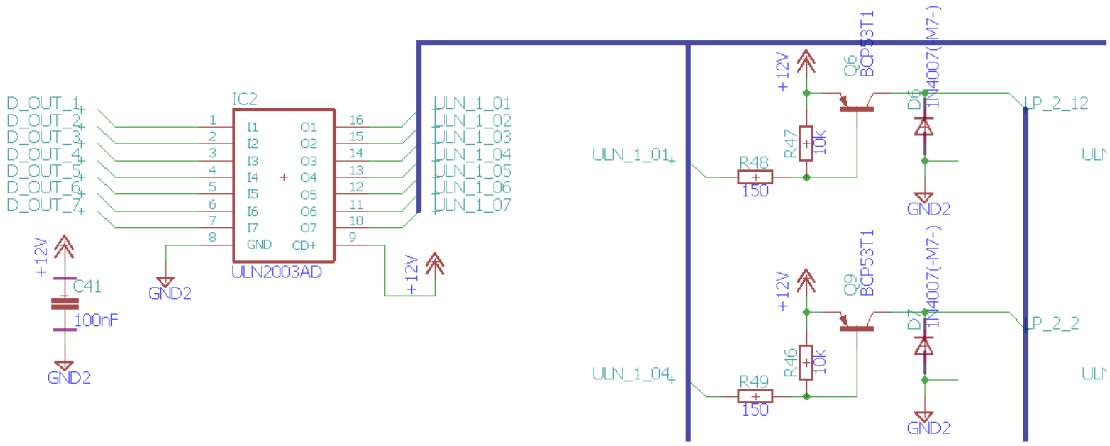
Obr. 5 Řadič stejnosměrných motorů PowerSolution 200A(50V)

3.1.6 Vstup-výstupní obvody

Aby mohl mikroprocesor zpracovávat logické úrovně vstupních signálů až do v sytému používaných 12ti voltů, je třeba jej od vnějších obvodů oddělit. Důvodem je nejen rozdíl v napěťových úrovních ale také bezpečnost. Mikroprocesor STM32Fxx je schopen zpracovávat signály do maximálně 3.3V, potažmo 5ti voltů ale to pouze na vybraných vstup-výstupních portech. Opačným směrem, tedy pokud je pin nastavený jako výstupní a ovládáme ním obvody vně čipu, jsou podporovány pouze logické úrovně do 3.3V. Z toho plyne, že ovládání zátěže pracující s napětím nad 3.3V není možné.

Obvody výstupní-spínací

Při řízení zátěže pomocí MCU musíme také zohlednit omezené možnosti výstupních portů poskytovat dostatečný proud pro napájení zátěže. Vzhledem k tomu že bude nejméně 10 výstupů použito pro ovládání elektromagnetických stykačů, musejí tyto spínací obvody dodat až 300mA(při 12V) do induktivní zátěže. Na to nejsou výstupy MCU uzpůsobeny. Použitím seriové kombinace tranzistorového pole ULN2003 a bipolárního tranzistoru BCP53, zajistíme dostatečné napěťové i proudové zesílení. Na konci spínacího obvodu nacházející se dioda 1N4007 bude zabraňovat při spínání induktivní zátěže, generování napěťových impulzů a poškození tranzistoru.

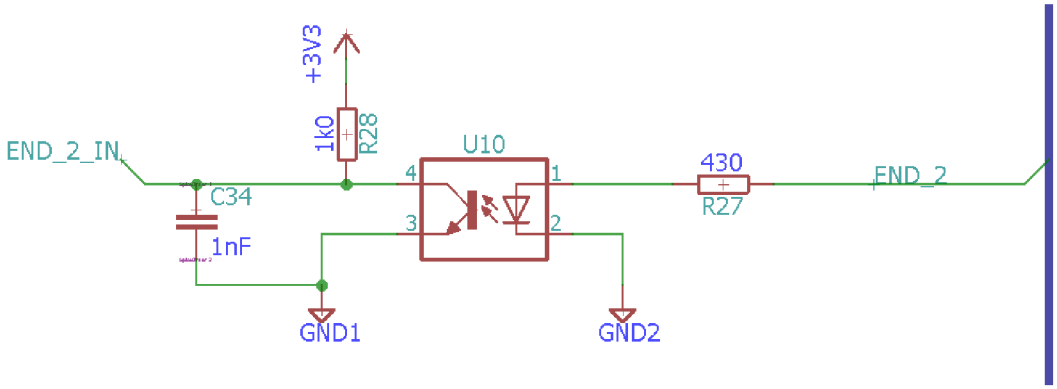


Obr. 6 Výstupní spínací obvody

Vstupní obvody

Signál přicházející z vně řídící desky od magnetických čidel otáček, mechanických koncových spínačů nebo ovládacích prvků. Opět nelze zpracovávat přímo signály o napětích 12V. Možným řešením bez časového zpoždění a velice jednoduchým by byl odporový dělič. Z hlediska bezpečnosti nejde o vhodný návrh, neboť při nastalé poruše, může dojít k překročení napětí a poškození navazujících obvodů.

Použití optočlenu PC817 s bipolárním tranzistorem dojde ke galvanickému oddělení signálu vstupního (12V) od nízkonapěťových obvodů napájejících MCU.



Obr. 7 Vstupní obvod s optočlenem PC817

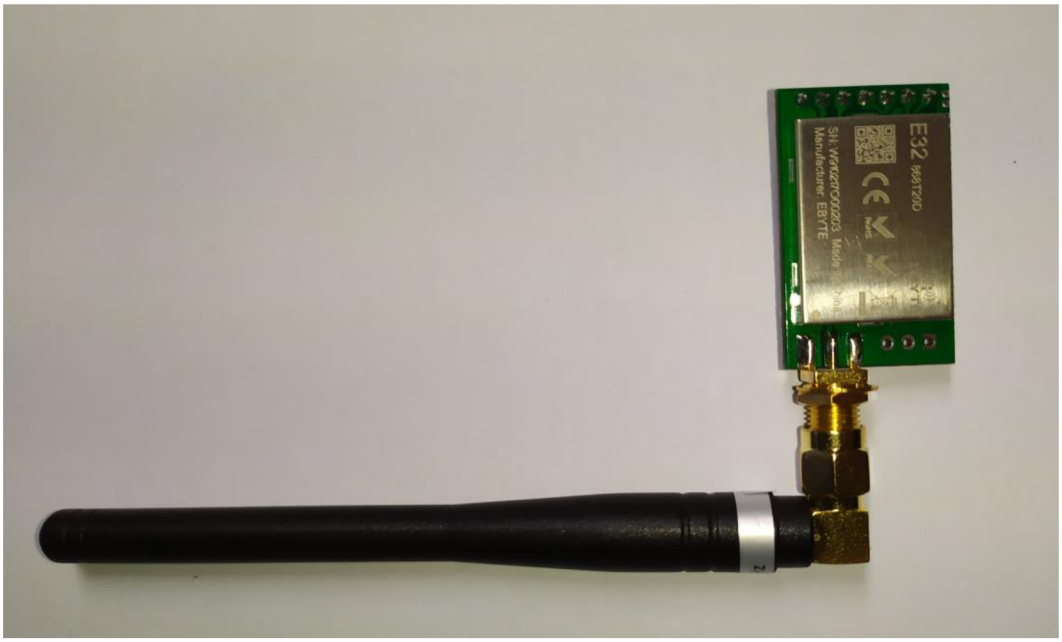
3.1.7 Bezdrátová komunikace

U pil běžně vyráběných se můžeme setkat nejčastěji s řídícím panelem umístěných na stroji. Někteří výrobci preferují řízení z jednoho stanoviště, kdy je obsluha schopna řídit jak posuvy pohybující se věže ale i hydraulické části na stacionárním rámu. Jiní ovládání rozdělují na panely dva. Pro ovládání posuvů je obsluha nucena pohybovat se s věží při každém řezu. K ovládání hydraulické části(otáčení kmene, upínání) je řídící panel umístě na pevném rámu stroje.

My bychom se rádi vydali cestou zcela odlišnou. Vynecháme stanoviště pevné a veškeré ovládání a to posuvů i manipulace se dřevem integrujeme do dálkového ovládání. Obsluha při tomto řešení bude mít naprostou kontrolu nad strojem a dokonalý přehled. Při obousměrné komunikaci bude možné všechny důležité informace zobrazovat na displeji ovladače. Tím docílíme vyšší efektivity a intuitivního ovládání.

Pro bezdrátovou komunikaci s ovladačem budou použity dva moduly E32-868 od společnost EBYTE, využívající pro přenos dat bezlicenční pásmo 868MHz. Fungují na principu provázání obou zařízení na zvolených adresách. Díky tomu vytvářejí

virtuální most seriové komunikace mezi ovladačem a elektronikou stroje. Výhodami toho řešení jsou minimální nároky na softwarové vybavení a maximální dosah až 3km. Pro bateriové napájení ovladače velmi užitečná nízká spotřeba proudu díky režimům nízké spotřeby energie.
Protokol komunikace je stejný jako pro UART, neboť přímo tuto sběrnici moduly používají. Napájení je standardní pro akumulátorové spotřebiče 3.3V až 5.0V .



Obr. 8 Komunikační modul Ebyte,E32-868

3.1.8 Program řízení

Návrh programu se bude zabývat tvorbou kódu pro mikroprocesor umístěný na řídící desce.

Kód je v MCU uložený ve formě číselných dat, která jsou postupně načítána a přímo určují chování celého čipu. Díky softwarovému vybavení vyvinutému pro překlad kódu z programovacích jazyků jako jsou(Jazyk symbolických adres(JSA), C, C++ apod.) je možné instrukce psát v mnohem univerzálnější a intuitivnější formě. Kód se tak stává přehlednějším a do určité míry přenositelným na různé platformy. Vždy pak platí že čím vyšší programovací jazyk, tím se stává obecnějším a univerzálnějším.

Příkladem může být kód pro jednoduché sečtení dvou čísel. Zatímco v jazyku JSA by tato operace zabrala okolo 5ti řádek, jazyk C tento úkon zvládne v jednom. Takový zápis pak lze přenést na naprosto jiný čip podporující programování v jazyce C a bude fungovat. U JSA toto zaručit nelze, vzhledem k tomu že zde přímo zapisujeme názvy registrů které k operaci používáme. Na odlišném zařízení s jinou hardwarovou výbavou mohou některé registry chybět. [1]

I proto bude vývoj programu pro MCU probíhat v jazyce C.

4 REALIZACE

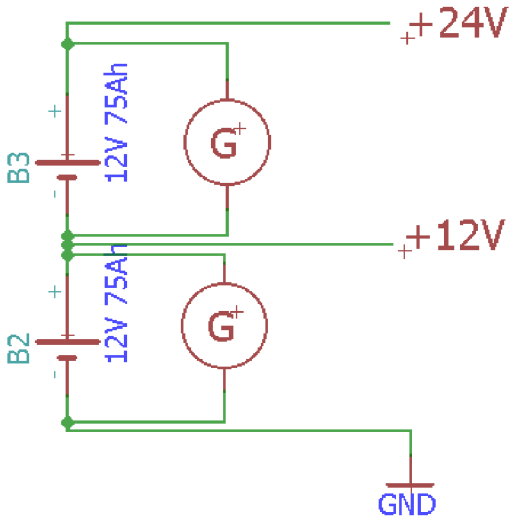
Před samostnou realizací proběhla zásadní změna v napájecí soustavě celého zařízení.

Během souběžně probíhajících úprav mechanických posuvů bylo zjištěno, že stávající 12V rozvod není pro polohování správnou volbou. Pro zvedání osy Y(vertikální směr) je pro pohon o výkonu 1kw nutné dodat proud nad 100A. Vlivem velkého proudu by takový pohon zvyšoval nároky na průřez napájecích vodičů a proudový rozsah řadiče motoru.

Jako možné řešení se nabízelo zvýšení jednotného napětí na 24V, tedy běžně používanou hodnotu napětí v průmyslových aplikacích. Problém však nastává s komponenty spalovacího motoru, neboť všechny jsou určeny výhradně na 12V(startér, žhavicí svíčky, palivové čerpadlo, ventilátor chladiče apod.). Takový návrh by zahrnoval dvě baterie seriově spojené do 24v a jeden alternátor o jmenovitém napětí 28V tedy běžně používaný systém u vozidel nákladní dopravy. Nicméně stále není možné využívat proti stejnému potenciálu napětí 12v, neboť by vlivem nerovnoměrného vybíjení článků docházelo k přebíjení toho druhého.

Nynější koncept zahrnuje použití obou těchto napětí, při dvou seriově řazených akumulátorech, kde každý má vlastní zdroj dobíjení o jmenovité hodnotě 12V(14V). Výsledkem je síť o dvou napětích se společným zemním potenciálem, vhodná pro pohon zařízení s vysokým odběrem proudu(řádově stovky ampér) jako je startér spal.motoru(na 12v) nebo pohony os(24V, řádově 60A).

Obr. 9 Změna v napájecí soustavě – nové zapojení



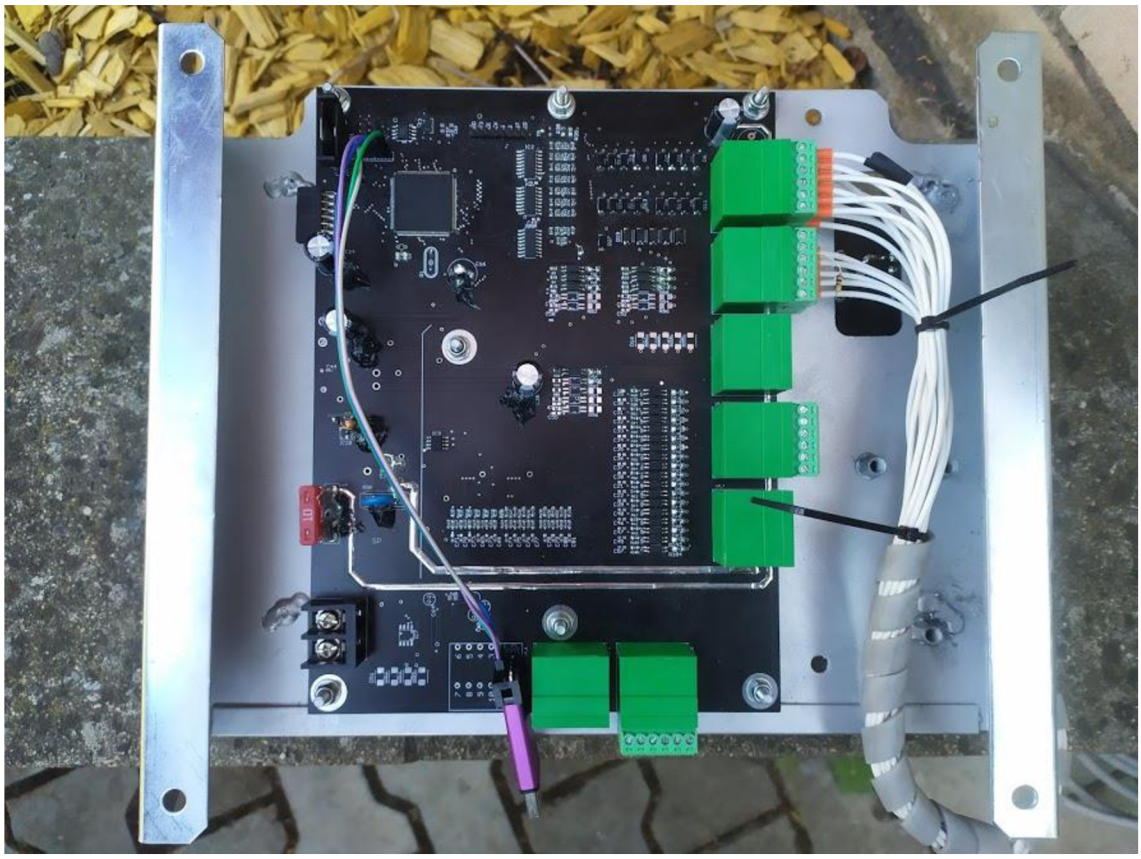
Následující kapitoly popisují průběh fyzické realizace vždy v kontextu návrhu z první poloviny této práce.

4.1 Hlavní řídící elektronika

Deska řídící elektroniky vykonává rozhodovací funkci při všech funkcích stroje. Obsahuje vstupní obvody, pro sběr dat ve formě dvou stavových signálů napěťových úrovní 0-12V, a výstupní kanály určené pro ovládání elektromagnetických stykačů. Dva výstupní bloky pak zastávají funkci ovládání řadičů stejnosměrných motorů a zpětné vazby enkoderů pro odečet vzdálenosti posuvů.
Oživení proběhlo postupně v krocích tak, aby vždy bylo možné testovat funkčnost každé navazující osazené části:

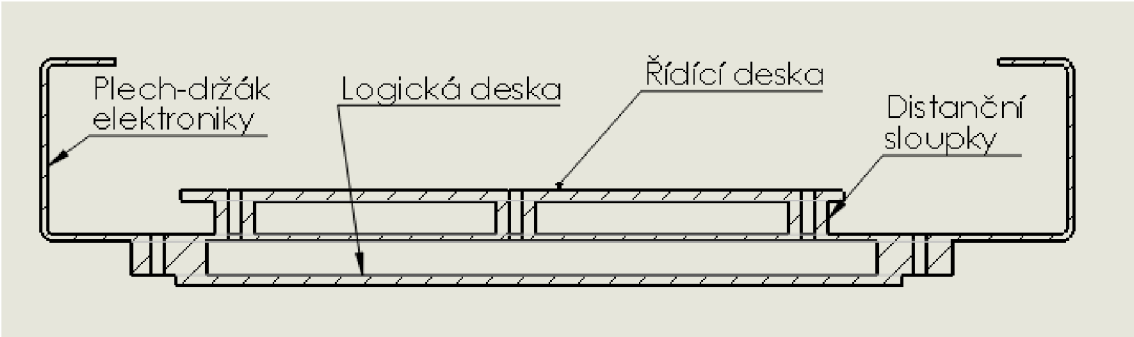
1. Stabilizátor napětí IC10, měření jeho výstupního pinu a větví rozvodu 5V0
2. Stabilizátor napětí IC6, kontrola větví 3.3V pro napájení mikroprocesoru
3. Podpůrné obvody pro mikroprocesor(MCU), krystal čas.základny, krystal času a obvody resetu a kontrola vstupů pro zápis do pamětí MCU a ladění programu. Zde se vyskatla chyba návrhu v podobě přehozených pinů SWDIO a SWCLK. Oprava je triviální ale pouze dočasná, otočení dvou vodičů z programátoru. Samozřejmostí je zařazení na seznam závad návrhu pro případnou další verzi.
4. Test jednoduchým programem nastavením časovačem na obdelníkový signál s periodou 1ms a kontrola jeho výstupu PA0 osciloskopem. Tím ověřena funkčnost komunikace MCU s vývojovým prostředím a správná konfigurace časové základny MCU na 72MHz.
5. Dalším krokem je osazení vstupních obvodů, připojováním signálu na vstupy LP_4-1....12 a LP_5-1.....12 se souběžnou kontrolou softwarových stavů pinů ve vývojovém prostředí. Zároveň byla prověřena propustnost optických izolátorů při připojení vstupního signálu pk-pk 10V, f=15kHz. Výstupní obvody ověřeny opět sekvencí příkazů VYP-ZAP s periodou 1ms, pro každý z výstupních tranzistorů.
6. Osazeny obvody paměti Flash a bezdrátové komunikace Lora.
7. Test bezdrátové komunikace navázal na implementaci softwarového protokolu. Odesíláním dávek náhodných nezáporných čísel z hlavní desky, po obdržení ovladačem ke každému z čísel přičtena konstanta a odeslání zpět do řídící desky.

Obr. 10 Hlavní řídící deska (umístěna na opačné straně plechu oproti logické desce)



Hlavní deska se nachází na vnitřní straně „dvířek" rozvodnice. Předpokladem je nejčastější přístup potřebný k logické desce, neboť se na ní nacházejí pojistky a elektromagnetická relé, u kterým může docházet k opotřebení a je nutná kontrola a výměna. Deska řídící je tedy z opačné strany držáku(viz obr.12), krytá proti mechanickému poškození a stíněna ocelovým plechem držáku.

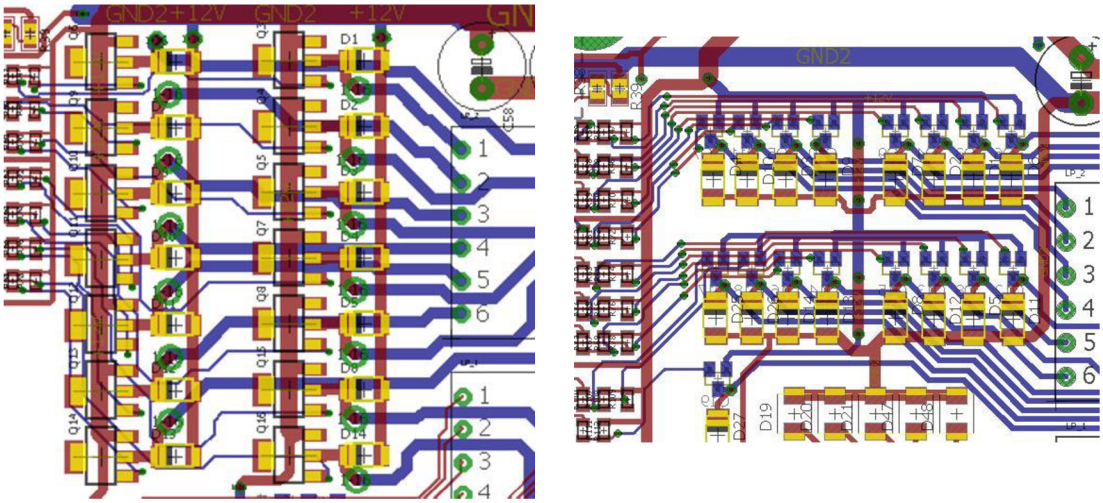
Obr. 11 Umístění elektroniky na držáku v rozvodnici



Změnou oproti návrhu je použití jiného typ tranzistorů určených k řízení sady releových kontaktů. Původní tranzistory BCP53-16 v smd provedení(SOT223), s kolektorovým proudem do 1,5A, byly pro spouštění stykačů s proudem do 100mA

vzhledem k rozměrům nahrazeny bipolárními tranzistory PNP v menším pouzdru(SOT-23), BC807. S kolektorovým proudem do 500mA, jsou dostačující volbou.
Po snížení rozměrů na desce plošného spoje pak vzniklo místo pro další dva výstupní kanály a počet tranzistorových výstupů se tak zvýšil na 17. Tento počet je pro navrhované ovládání více než dostačující a poskytuje tak i rezervní kanály pro další rozšiřování systému.

Obr. 12 Změna spínacích tranzistorů a rozložení(stará verze-vlevo, nová-vpravo)



4.2 Stykačová-logická deska

Tato část v návrhu práce řešena není, neboť vznikla v reakci na probíhající realizaci a potřebu integrovat množství spínacích elektromagnetických relé.
Při realizaci bylo dosaženo bodu, kdy množství stykačů bylo natolik rozsáhlé, že jejich umístění v rozvodné skříni by nebylo přehledné a vzniklo by množství vodičových propojů, tak aby bylo možné jednotlivé napěťové větve na sebe navazovat.
Řešení takové situace se nabízí v podobě umístění automobilových relé na desku plošného spoje. Nezbytné je pak umisťovat relé do konektorových patic, tak aby je bylo možné měnit bez rozebírání elektroinstalace, pájení nebo přepojování. Zároveň

při servisu nebo opravě nemůže dojít k chybnému zapojení, neboť patice jsou uzpůsobeny tak aby nebylo možné kontakty mezi sebou zaměnit.
Všechny řídící signály jsou přivedeny z řídící desky přes dvojici konektorů typu Mini-Fit[8] od společnosti Molex o dvou řadách po šesti pinech. Opět i konektory jsou ošetřeny proti chybnému zapojení a mají zámky proti samovolnému odpojení.
Stejné konektory jsou použity i pro výstupy ze stykačů a spotřebiče které svým odběrem překračují proud 9A, což je hodnota definovaná výrobcem, pak mají silový výstup rozdělen na 2-3 piny konektoru. Zvláště to platí pro spínání žhavicích svíček motoru, které potřebují dodat proud okolo 15A až 20A.
Deska obsahuje celek 17ks relé rozdělených do třech skupin.

První podskupina je napájena ze sítě 12V a slouží pro spínání spotřebičů nepodléhajících nutnosti dvojitého spínání z bezpečnostních důvodů(vysvětleno dále) jako je například osvětlení stroje.

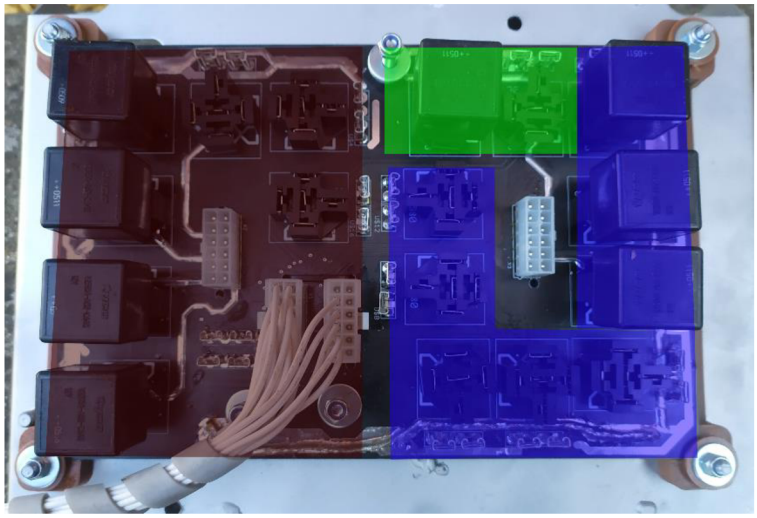
Druhá skupina je napájena 24V a má zastoupení pouze 2ks relé. Zatím žádný takový spotřebič na stroji zapojen není, ale je vhodné možnosti využít při budoucím rozšiřování funkcí pily.

Modrá – první skupina relé pro všeobecné použití(+12v)

Zelená – druhá skupina (+24V)

Červená – třetí skupina pro řízení motoru(12V)

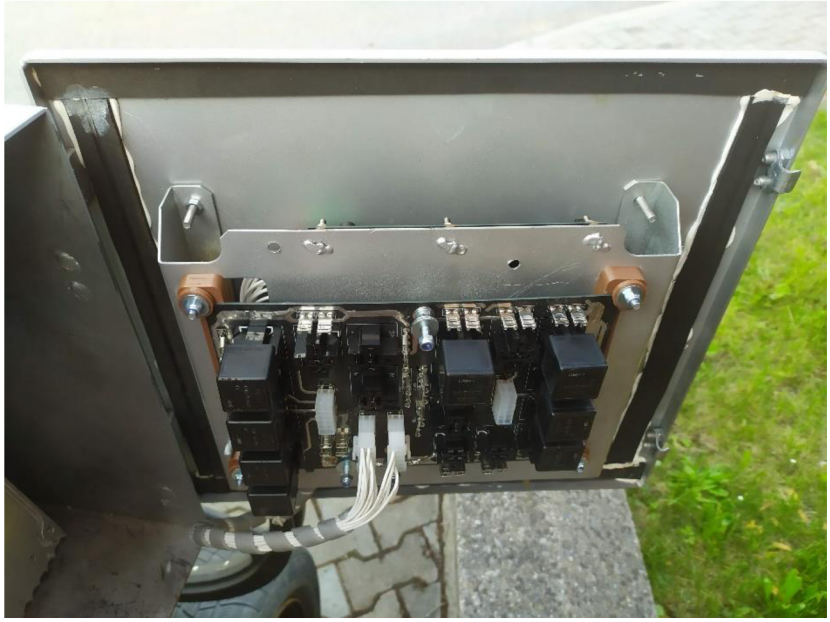
Obr. 13 Popis stykačové desky



Třetí skupina zastřešuje funkce týkající se především spalovacího motoru. Těchto šest relé je podřízeno sepnutí sedmého startovacího relé. Všechny jsou napájeny ze spínacího kontaktu tohoto relé. Při startovací sekvenci je po splnění podmínek pro start, spuštěno nejdříve toto relé, které tak začne napájet ostatní v této části.

Zapnuté je po celou dobu běhu motoru. Pokud se stane, že některý ze spínačů za ním zůstane vlivem závady sepnut i po odpojení signálu na jeho řídící cívce, toto relé mu je seriově předřazeno a vypnutím agregátu elektronikou nebo náhlé zastavení bezpečnostním obvodem, odpojí proud tekoucí přes poškozený kontakt.
Na takto jištěné spínače jsou připojeny prvky přímo řídící běh motoru, potažmo řezného nástroje, jako jsou cívky ovládání otáček motoru, sepnutí vstřikovacího čerpadla a elektromechanická brzda řezného pasu.
Každý ze stykačů všech tří skupin pak má předřazenou nožovou pojistku tak, aby bylo možné zajistit v případě poruchy na některém spotřebiči, okamžité odpojení a rychlou lokalizaci problému.
Celé schema je přiloženo v příloze.

Obr. 14 Logická deska umístěna v rozvaděči stroje

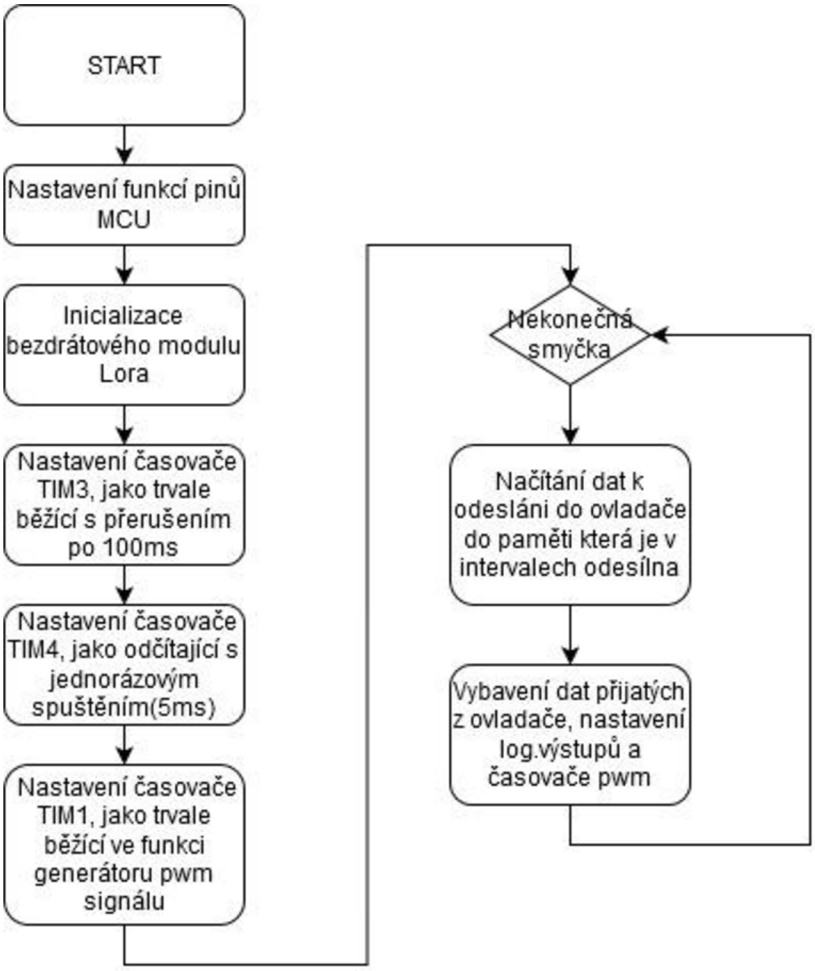


4.3 Programová vybavenost

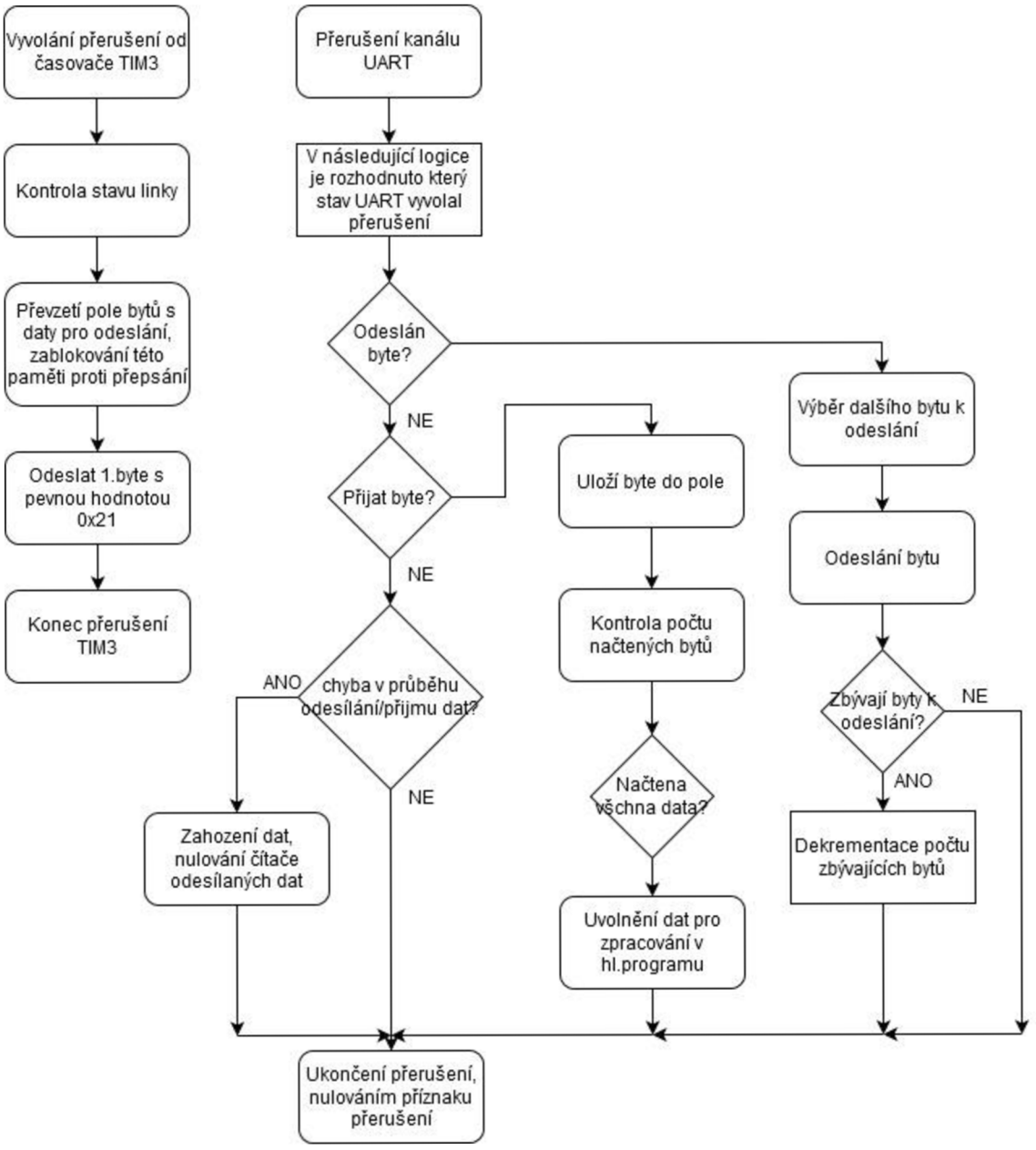
Tato část se věnuje obecnému popisu procesů probíhajících za běhu programu v mikroprocesoru stm32f103 a navazujících obvodech a komponentech.
Celý program je psaný v jazyku C, překlad a ladění programu proběhlo ve vývojovém prostředí CoIDE[9] od společnosti Coocox. Základní kostrou je cyklicky se opakující hlavní program který zabezpečuje načítání data ze vstupů, jejich zpracování, vyhodnocení a uložení do paměťového bloku určeného k odeslání do ovladače.

Nad hlavním programem je většina operací probíhajících formou přerušení vyvolaných časovači, kanálem UART nebo externími vstupy reagující na změnu logických vstupů.
Takto formovaný program pak šetří výpočetní čas mikroprocesoru, ve smyslu stále se neopakujících operací ověřování a čekání na změnu vtupu a pod. Časovače jsou hardwarovým vybavením MCU a běží teda zcela nezávisle na hlavním programu. Například časovač TIM3 slouží k vyvolání přerušení v pravidelných intervalech, čímž přímo určuje začátek odesílání dat z hlavní elektroniky do ovladače. Tento interval je nastaven na dobu 100ms, což je nejkratší možná doba na vybavení odeslání jedné dávky dat a příjetí instrukcí z ovladače.
Časovač TIM1 je při inic. nastaven na funkci generátoru pwm signálu s periodou 10kHz. S výstupy na pinech které ovládají rychlost otáčení motorů posuvů stroje.
Časovač běží nepřetržitě, zatímco je pouze nastavována hodnota, při které mění hodnotu na vstupu(log.1 na log.0 nebo naopak), neboli je nastavována střída při stále stejné frekvenci signálu.

Obr. 15 Blokový popis hlavního programu



Obr. 16 Blokový popis přerušení časovače TIM3 a kanálu UART



5 ZÁVĚR

V průběhu práce se podařilo navrhnout elektroinstalaci pro kmenovou pásovou pilu. Systém je navržen s ohledem na požadavky které byly kladeny na funkce stroje. Jak bylo zadáno, elektronická část zahrnuje vstupní a výstupní obvody s prvky bezpečnosti. Celý sytém je také vybaven bezpečnostním okruhem pro rychlé odpojení všech pohonných a řídících částí od zdroje energie. Zároveň jsou v komunikaci zavedeny prvky pro bezpečné zastavení stroje v případě chyby v přenosu dat.
Celý koncept, jak je navržen v první části práce byl sestaven a při realizaci byly odhaleny některé chyby v návrhu, které byly postupně opraveny nebo byly chybové části nahrazeny jiným efektivnějším řešením.
Další části původně v návrhu neuvažované jako umístění stykačů byly během realizace doplněny o komplexnější řešení, umístěním všech stykačů na plošný spoj. Podařilo se tak zpřehlednit zapojení a usnadnit opravy a vyhledání závady s jednodušším přístupem k částem náchylným na mechanické opotřebení.

Byl sestaven postupný plán návrhu konceptu řízení pro uvedený stroj a postupně realizován.
Bohužel se nepodařilo ověřit celkovou funkčnost zařízení jako celku z důvodu chybějících mechanických částí stroje. Nicméně u každé části navrhované elektroinstalace byla během stavby ověřena funkčnost a uvedení stroje tak závisí pouze na dokončení stroje po stránce mechanické

Vzhledem k širokému rozsahu problematiky stavby a řízení kmenové pásové pily byly v této práci uvedeny převážně obecnější informace se zaměřením na detaily u vybraných částí.

Možné pokračování navazující na tuto práci by byla implementace softwarových algoritmů pro výpočty prořezů, jejich začlenění do sytému odměřování posuvů a vývoj grafického prostředí pro snazší obsluhu stroje.

Literatura

[1] Syed Zaid Irshad, webova prezentace. In: slideshare.net[online]. 15.2.2017 [cit. 1.1.2020]. Dostupné z : https://www.slideshare.net/SyedZaidIrshad/assembly-fundamentals

[2] BASTIAN, P. A kol. Praktická elektrotechnika. EUROPA – SOBOTALES, Praha 2004, 296str., ISBN 80-86706-07-9.

[3] KESTER, W. Practical design techniques for sensor signal conditioning. Analog Devices, USA 1999, 366 str., ISBN-0-916550-20-6.

[4] STMicroelectronic, datovy list. In: tme.eu[online]. 5.2015[cit.1.1.2020]. Dostupné z : https://www.tme.eu/Document/c031062290320578e0197b4786311162/STM32F103VFT6-DTE.pdf

[5] ILI Technology corp. datovy list. In: displayfuture.com[online]. 23.1.2008[cit. 1.1.2020]. Dostupné z : https://www.displayfuture.com/Display/datasheet/controller/ILI9225.pdf

[6] PowerSolutions hu. Datovy soubor HL50100 v1.4. In:dropbox.com[online]. 10.2014[cit.1.1.2020]. Dostupné z: https://www.dropbox.com/s/4nldaezc7okdxvo/HL50100%20v1.4%20full.pdf?dl=0

[7] Winbond. W25Q32. In: elinux.org[online]. 10.2007[cit.1.1.2020]. Dostupné z: https://www.elinux.org/images/f/f5/Winbond-w25q32.pdf

[8] Molex. In: Molex.com[online]. [cit. 1.1.2020]. Dostupné z: https://www.molex.com/molex/products/family/minifit_power_connector_solutions

[9] Coocox, CoIDE – zdroj již nelze ocitovat, společnost pravděpodobně zanikla

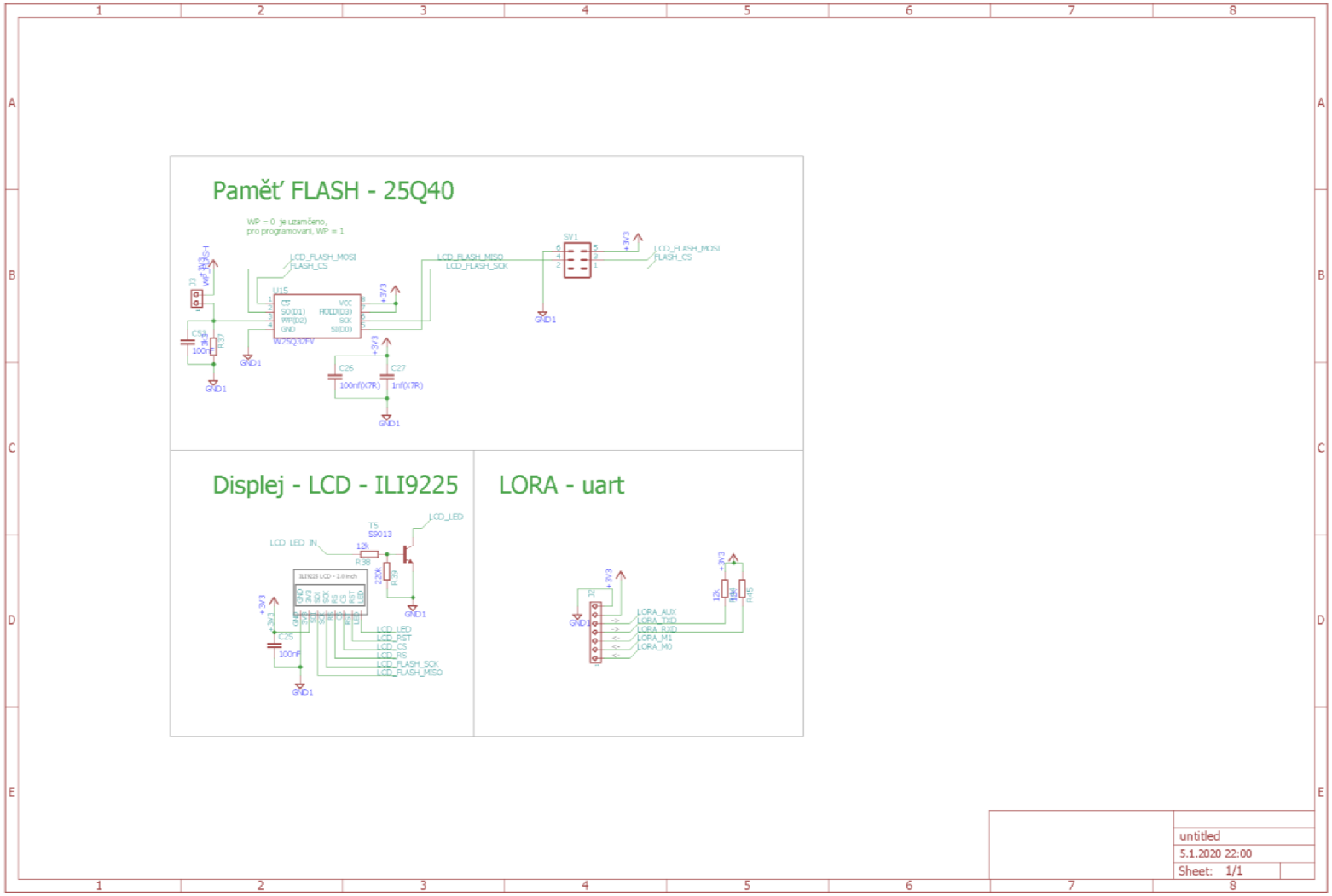
Seznam symbolů, veličin a zkratek

FEKT	-	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	-	Vysoké učení technické v Brně
MCU	-	Mikroprocesor
JSA	-	Jazyk symbolických adres
CAN	-	Controller Area Network
SPI	-	Serial Peripheral Interface
I2C	-	Multimasterová seriová sběrnice

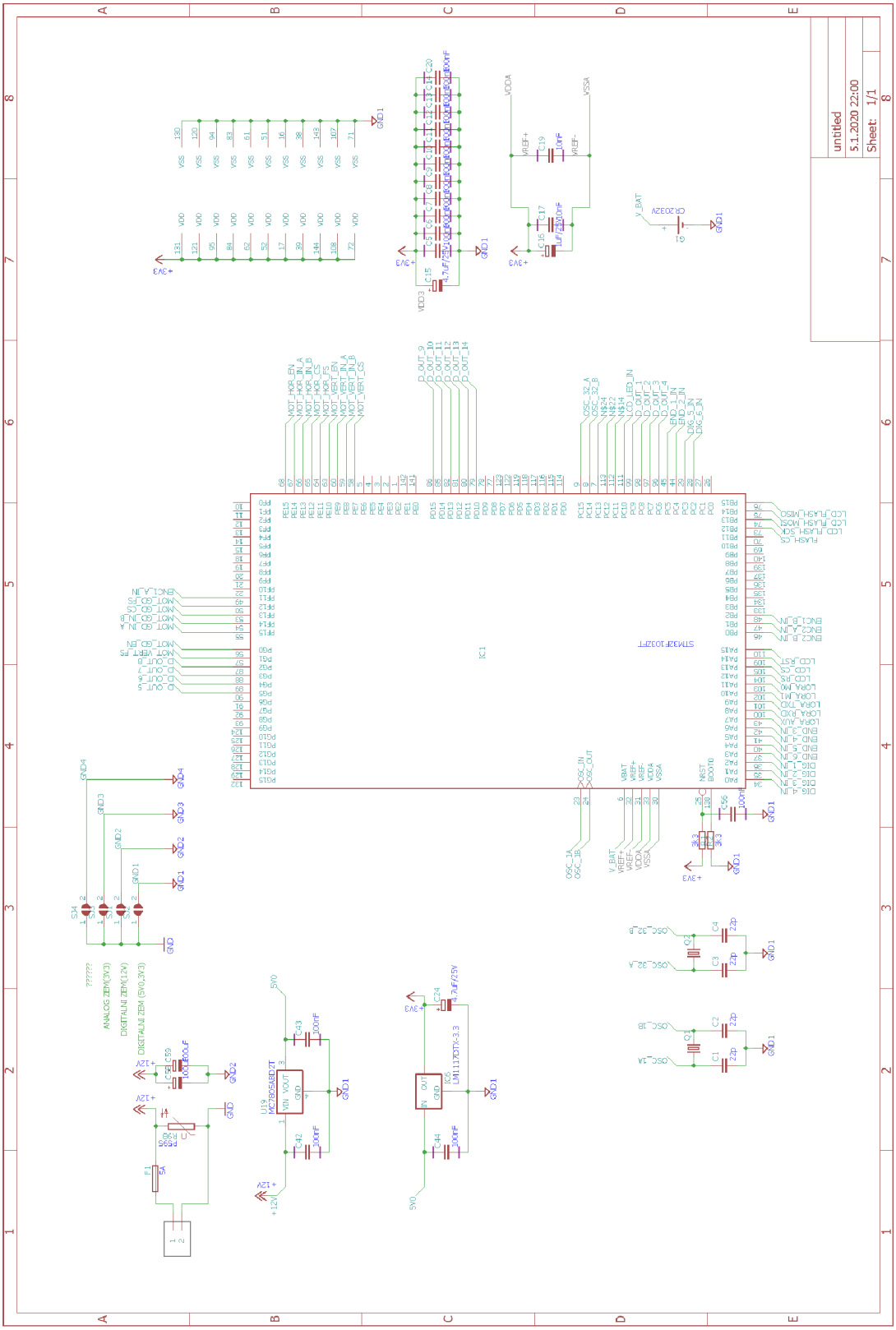
Seznam příloh

Příloha č. 1 Schéma zapojení řídící deska (1z5) 28
Příloha č. 2 Schéma zapojení řídící deska (2z5) 29
Příloha č. 3 Schéma zapojení řídící deska (3z5) 30
Příloha č. 4 Schéma zapojení řídící deska (4z5) 31
Příloha č. 5 Schéma zapojení řídící deska (5z5) 32
Příloha č. 6 Návrh řídící elektroniky, plošný spoj(2 vrstvý) 33
Příloha č. 7 Schema zapojení kompletní elektroinstalace 34
Příloha č. 8 Schema zapojení logické desky 1/2 35
Příloha č. 9 Schema zapojení logické desky 2/2 36

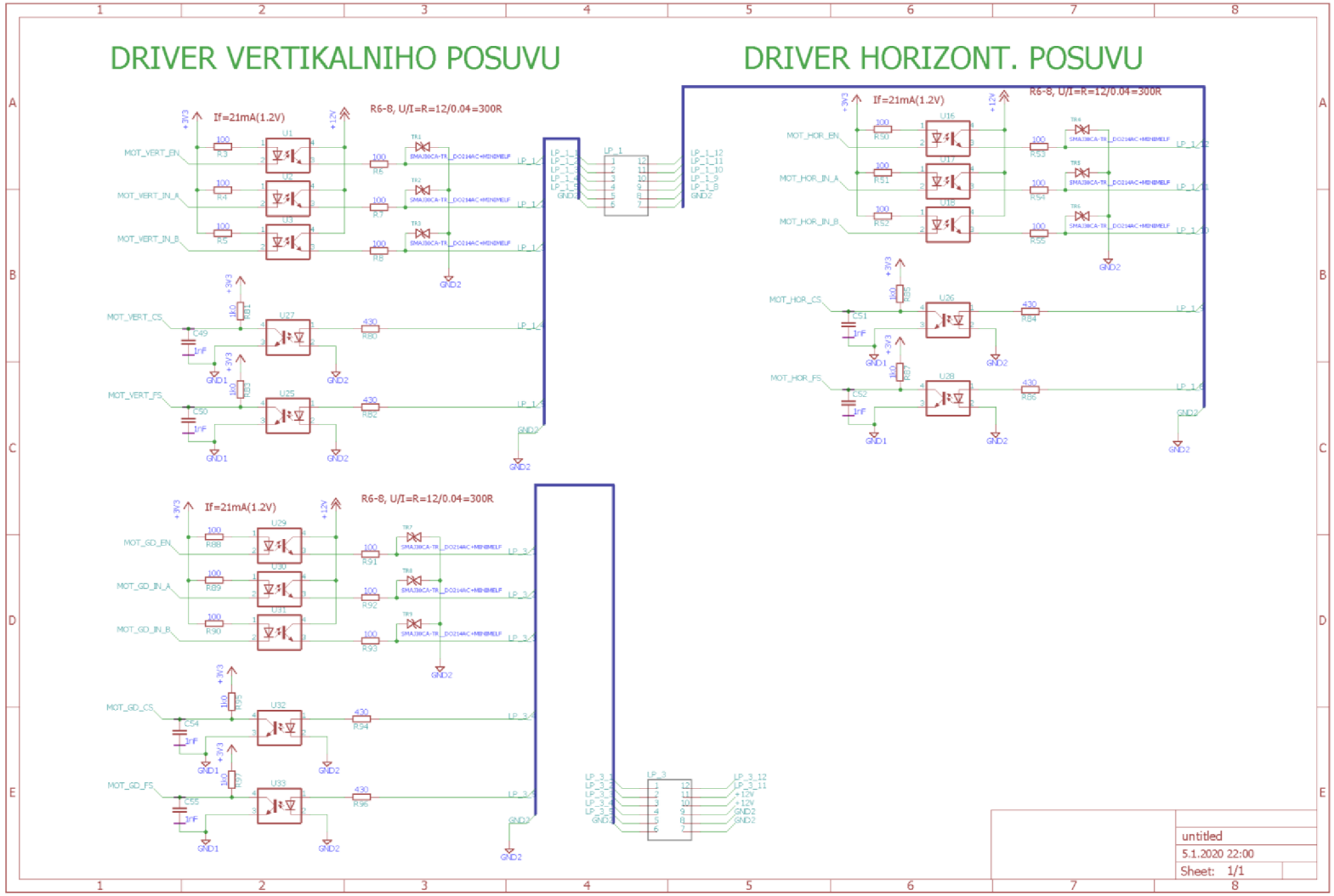
Příloha č. 1 Schéma zapojení řídící deska (1z5)



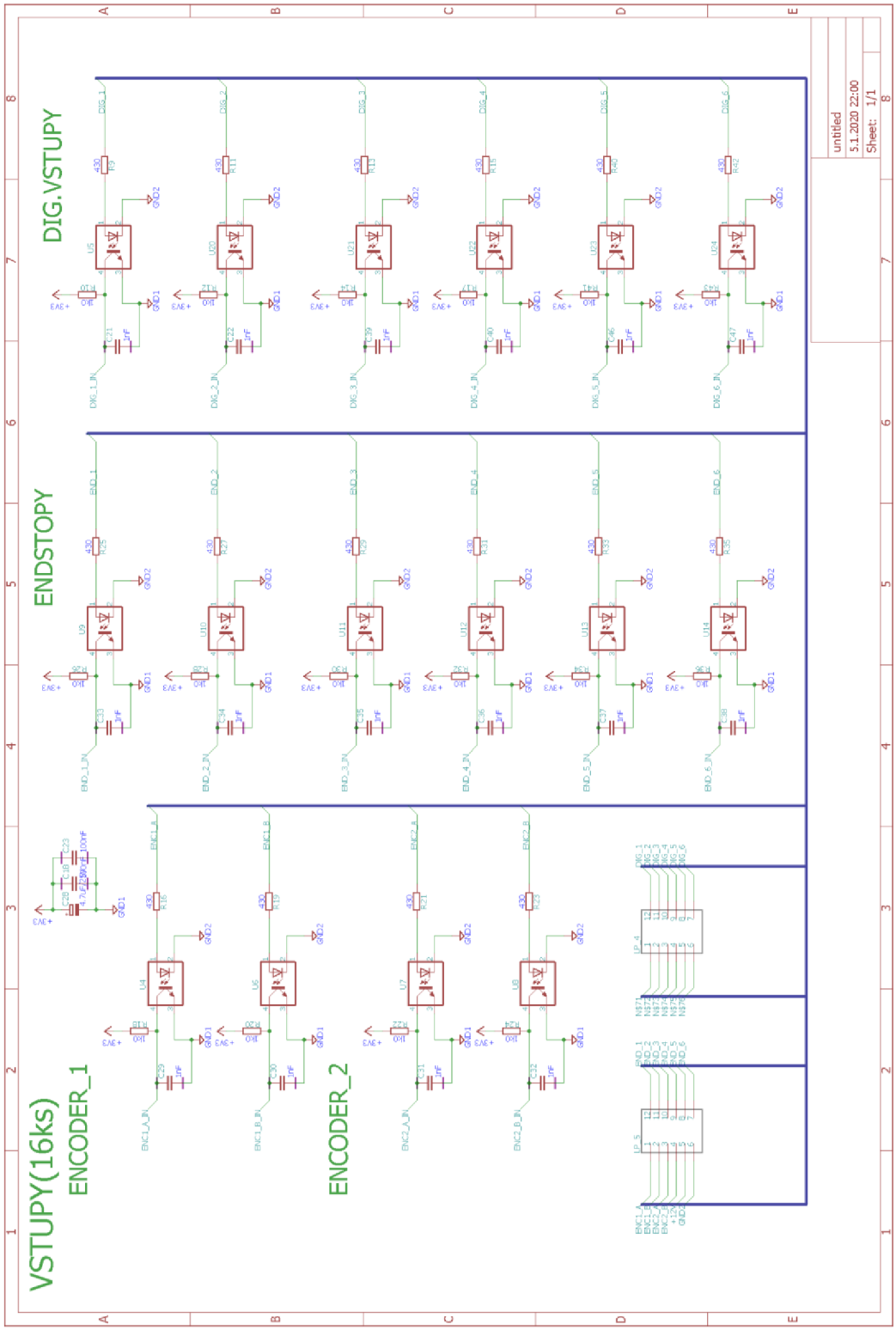
Příloha č. 2 Schéma zapojení řídící deska (2z5)



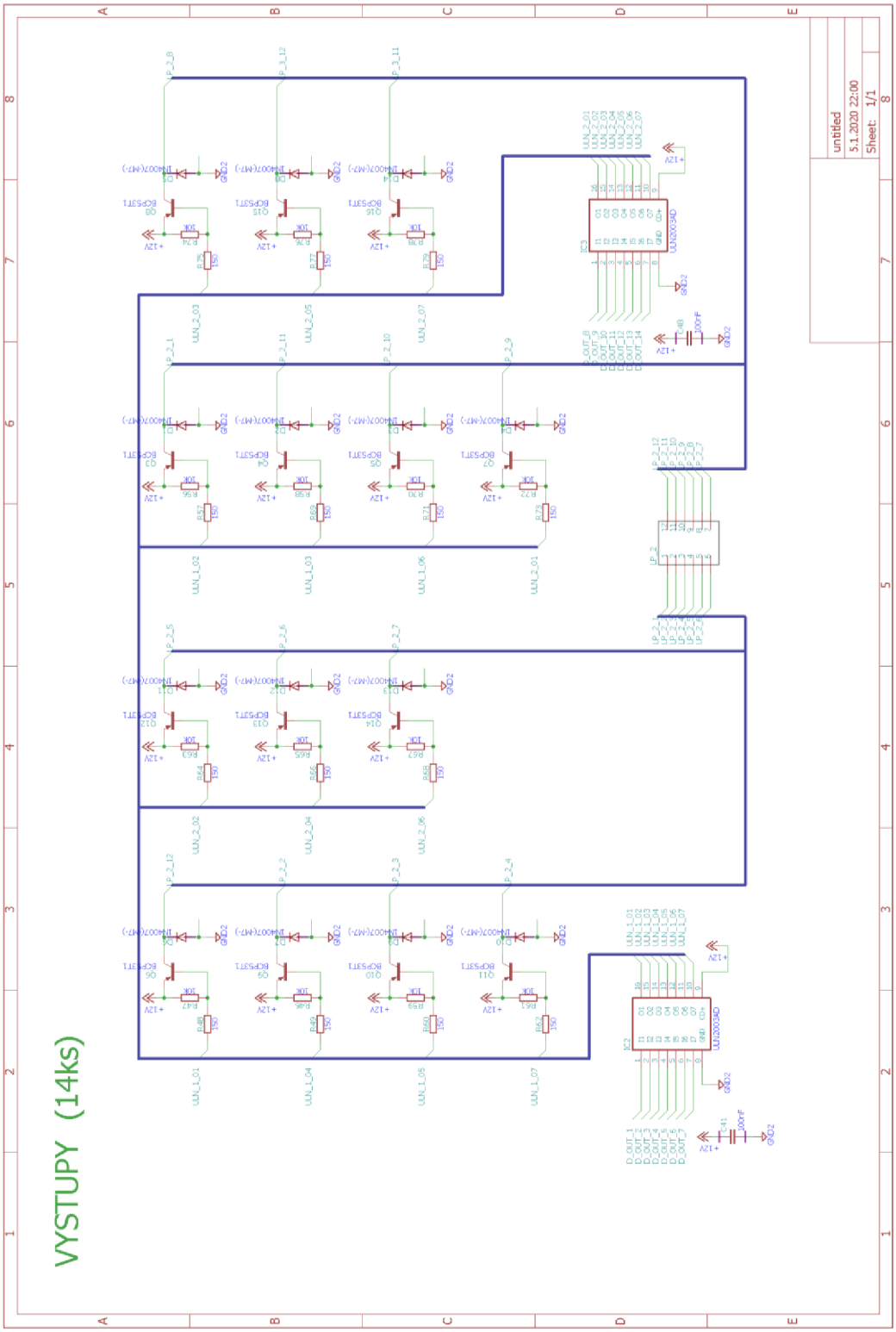
Příloha č. 3 Schéma zapojení řídící deska (3z5)



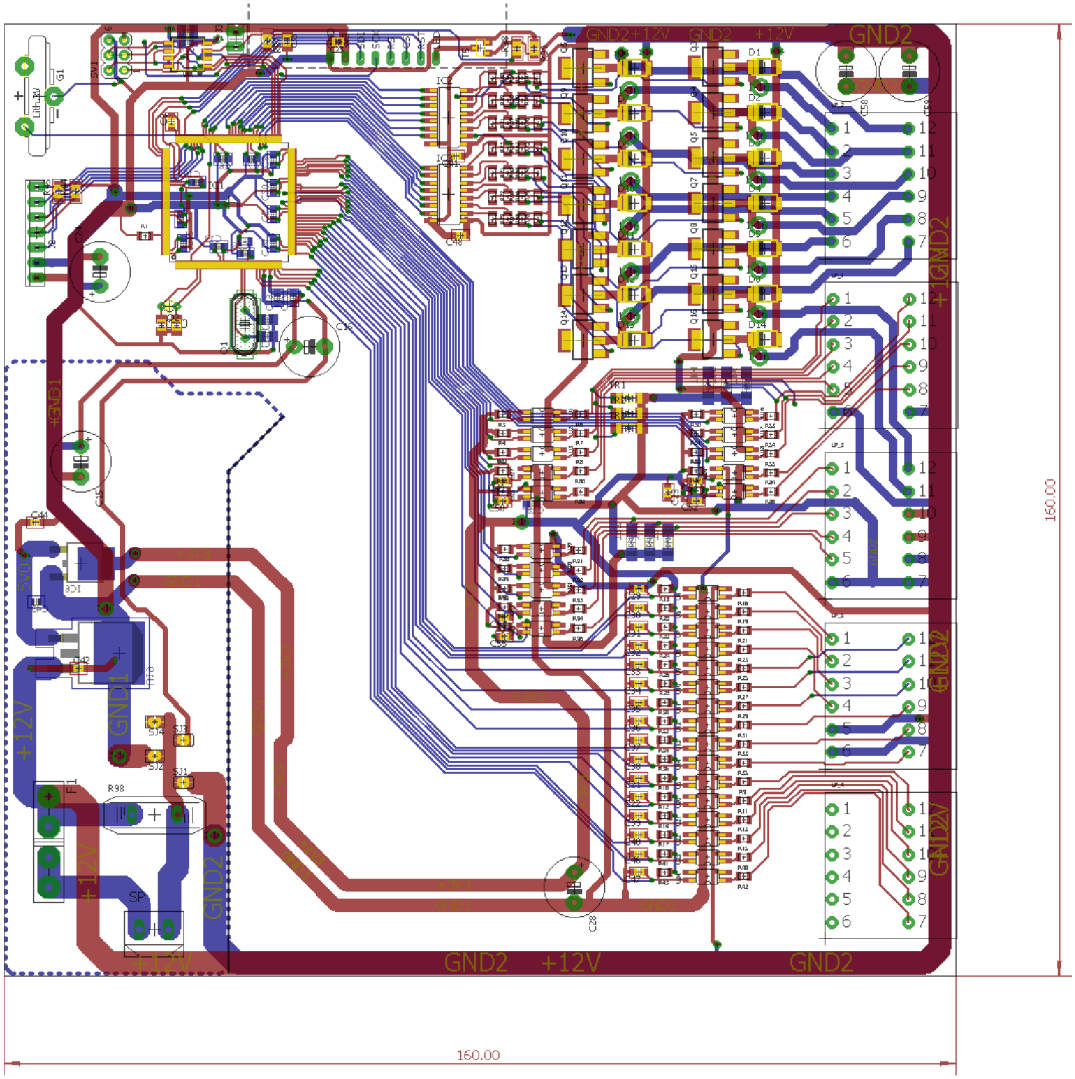
Příloha č. 4 Schéma zapojení řídící deska (4z5)



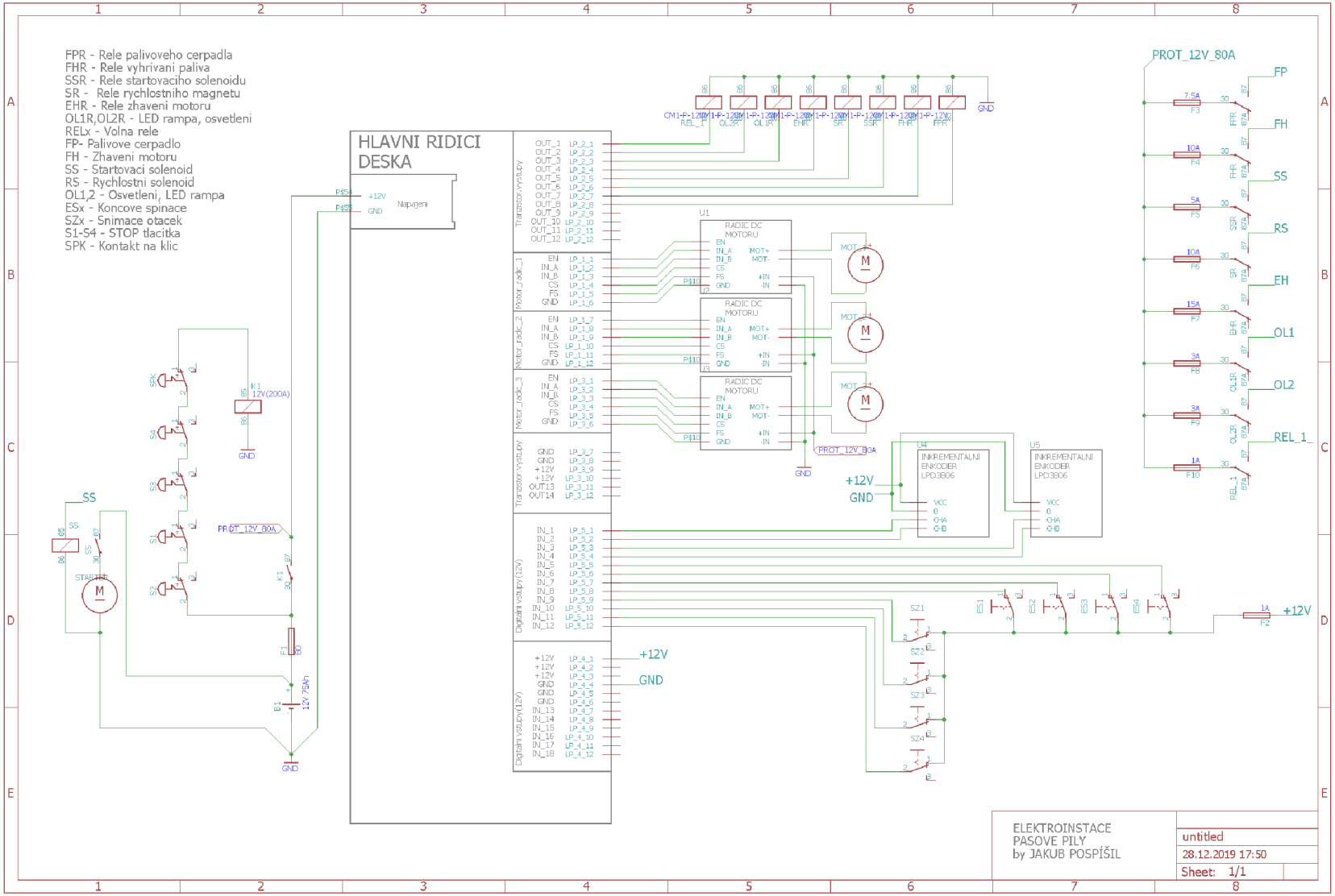
Příloha č. 5 Schéma zapojení řídící deska (5z5)



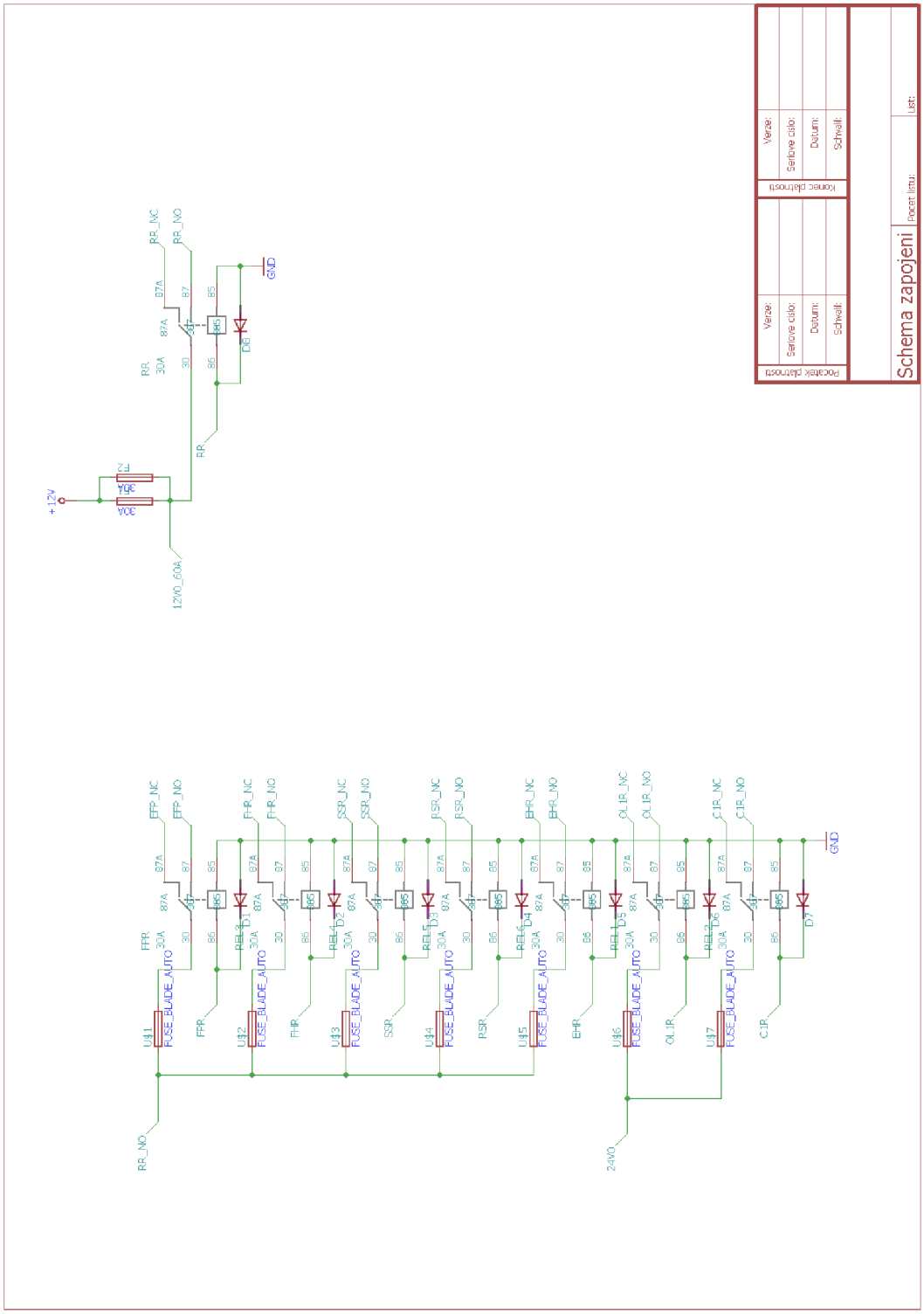
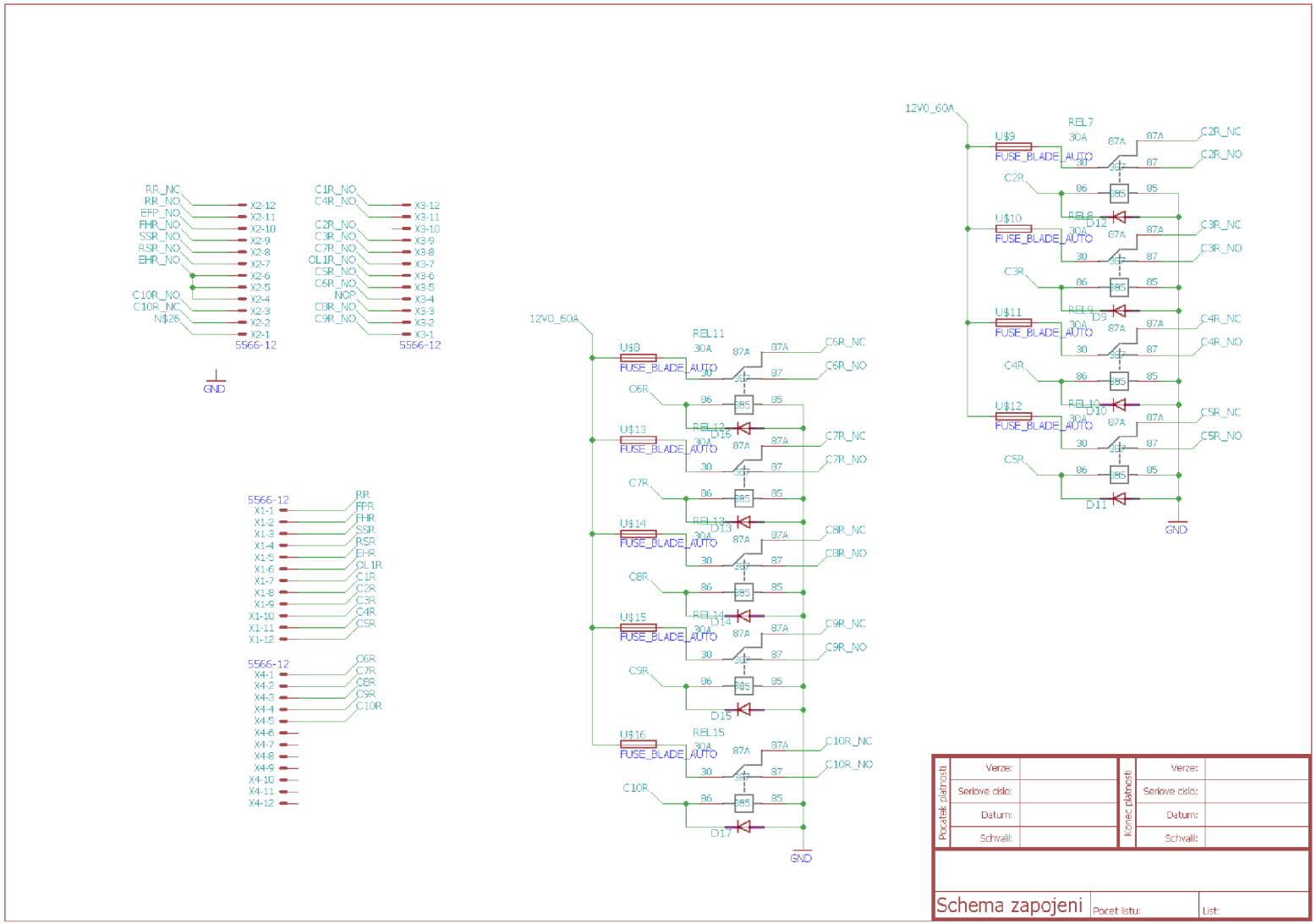
Příloha č. 6 Návrh řídící elektroniky, plošný spoj(2 vrstvý)



Příloha č. 7 Schema zapojení kompletní elektroinstalace



Příloha č. 8 Schema zapojení logické desky 1/2



Příloha č. 9 Schema zapojení logické desky 2/2