



Středoškolská technika 2024

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Automatický vrtací stroj řízený PLC

Lukáš Holman

Střední škola strojírenská a elektrotechnická

Nová Paka

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou ročníkovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze uvedené podklady a literaturu.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Nové Pace dne.....

podpis.....

Poděkování

Děkuji za pomoc a podnětné připomínky, které mi během práce poskytoval Pavel Šmíd a Milan Zvelebil.

Také děkuji společnosti HYDRA a.s. za zapůjčení klíčových dílů a součástek.

Anotace:

Tento projekt se věnuje návrhu a realizaci jednoúčelového vrtacího stroje ovládaného programovatelným logickým automatem (PLC). Zahrnuje také vytvoření technické dokumentace v programu Eagle a programu v softwaru Zelio soft 2. ročníková práce dále popisuje použití mechanických prvků (lineární vedení) a elektrických prvků, jako jsou PLC, krokové motory, drivery a různé snímače. Téma jsem si zvolil na základě svých zkušeností z firmy HYDRA a.s., kde jsem pracoval jako brigádník v průběhu prázdnin.

This annual work focuses on the design and implementation of a single-purpose drilling machine controlled by a programmable logic controller (PLC). It also includes the creation of technical documentation using Eagle software and Zelio Soft 2. The annual work describes the use of mechanical elements (linear guidance) and electrical components such as PLC, stepper motors, drivers, and various sensors. I chose this topic based on my experiences at HYDRA a.s., where I worked as a temporary worker during the holidays.

Obsah:

1) Úvod.....	Strana 7.
2) Konstrukce vrtacího automatu.....	Strana 8.
2.1 Lineární vedení.....	Strana 8.
2.1.1 Trapézový šroub.....	Strana 8.
2.1.2 Řemenový převod.....	Strana 8.
2.2 PLC.....	Strana 9.
2.2.1 FBD-jazyk funkčního blokového diagramu.....	Strana 10.
2.2.2 LD-jazyk kontaktních schémat.....	Strana 10.
2.3 Krokové motory.....	Strana 11.
2.3.1 Bipolární.....	Strana 11.
2.3.2 Unipolární.....	Strana 11.
2.4 Ovladače krokových motorů.....	Strana 12.
2.4.1 Ovladač DM 805-AI.....	Strana 12.
2.5 Napájení a jištění.....	Strana 13.
2.6 Zbývající elektroinstalace.....	Strana 14.
2.7 Bezpečnostní zařízení a bezpečnostní prvky.....	Strana 15.
3) Závěr.....	Strana 16.
4) Seznam použité literatury.....	Strana 17.
5) Seznam příloh.....	Strana 18.
Příloha č. 1 Seznam obrázků a tabulek	
Příloha č. 2 Seznam použitých dílů	
Příloha č. 3 Stručný návod k použití	
Příloha č. 4 Výtisk programu v FBD	
Příloha č. 5 Schéma v EAGLE	

Úvod:

V tomto projektu se zabývám návrhem a realizací jednoúčelového vrtacího stroje, který je ovládán programovatelným logickým automatem (PLC). Tento stroj slouží k automatizaci průmyslového procesu vrtání, který je důležitý pro výrobu dílů z různých materiálů, jako jsou kov, plast nebo dřevo. Vrtání je často prováděno ručně nebo pomocí konvenčních vrtacích strojů, které nemají dostatečnou flexibilitu a adaptabilitu na různé typy a velikosti materiálů. Můj vrtací stroj je schopen se přizpůsobit různým požadavkům a zvýšit přesnost, opakovatelnost a bezpečnost vrtání. Téma jsem si zvolil na základě svých zkušeností z firmy HYDRA a.s., kde jsem pracoval jako brigádník v průběhu prázdnin.

V práci popisuji konstrukci vrtacího stroje, který se skládá z mechanických a elektrických prvků. Mezi mechanické prvky patří lineární vedení, které umožňuje pohyb vrtací hlavy v horizontálním směru. Lineární vedení jsem použil ve variantě trapézový šroub a řemenový převod. Mezi elektrické prvky patří PLC, které řídí celý proces vrtání. PLC je programováno v jazyce FBD (funkční blokový diagram), v softwaru Zelio soft 2. Dále se věnuji informacím o krokových motorech, které pohánějí lineární vedení. Krokové motory se dělí na bipolární a unipolární. Také popisuji ovladače krokových motorů, které zajišťují správné napětí a proud pro krokové motory. Ovladač, který jsem použil, je DM805-AI od firmy Leadshine. Část práce se věnuje napájení a jištění, které zajišťují bezpečnou a spolehlivou funkci stroje. Dále popisuji zbývající elektro instalaci, která zahrnuje různé snímače, spínače, tlačítka a LED diody. Nakonec se zmiňuji o bezpečnosti zařízení a bezpečnostních prvcích, které chrání obsluhu a stroj před nebezpečnými situacemi.

V přílohách také přikládám technickou dokumentaci v programu Eagle, která obsahuje schéma zapojení všech elektrických prvků. Vytvořil jsem také program pro PLC v softwaru Zelio soft 2, který obsahuje sekvenci bloků pro vrtání. Práce je rozdělena do pěti kapitol, které se postupně věnují všem jednotlivým použitým dílům v tomto projektu.

2 Konstrukce vrtacího automatu

Toto zařízení je navrhováno a konstruováno za pomoci dvou lineárně vedených os a vřetena vrtačky přímo neseného krokovým motorem. Pro horizontální osu je použito vedení s řemenovým převodem, které není tolik náchylné na nečistoty. Pro vertikální osu je použit posuv pomocí trapézového šroubu. Oba tyto posuvy jsou konstruované v kombinaci s nepodepřenou tyčí pro zvýšení tuhosti. Motor pro vrtání byl zvolen s vyšší silou, aby vyhovoval potřebám pro vrtání.

2.1

Lineární vedení se využívá pro pohyb částí konstrukce v dané ose a je to výborný výchozí konstrukční prvek pro stavbu strojů. Může být realizováno v kombinaci s podepřenými tyčemi nebo nepodepřenými tyčemi. Mezi důležité vlastnosti lineárního vedení a podepřených nebo nepodepřených tyčí patří tuhost, únosnost a nízký třecí odpor.

2.1.1

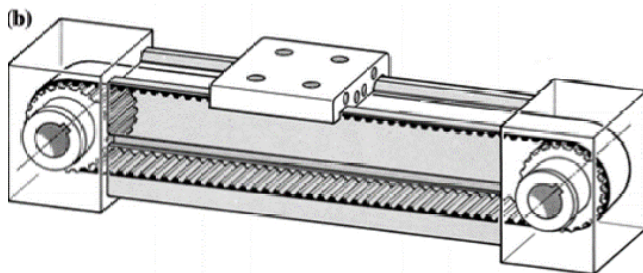
Trapézové šrouby (viz obr. č. 1) jsou typickým konstrukčním prvkem určeným pro převod otočného pohybu na přímočarý. Používají se jen v omezené míře, kvůli problémům s posuvnými rychlostmi a častou axiální vůlí. Výhodou je jejich levné pořízení.



Obr. č. 1 trapézový šroub

2.1.2

Řemenové převody (viz obr. č. 2) fungují na základě přenosu síly mezi řemenem a řemenicí. Při pohybu hnacího kola se řemen roztočí a přenesení točivý moment na řemenici. Hlavní výhodou je jednoduchá konstrukce a snadná montáž. Nejsou tak náchylné na znečištění.



Obr. č. 2 řemenový převod

2.2

PLC (Programmable Logic Controller) je zařízení používané v průmyslové automatizaci k řízení a monitorování různých zařízení a procesů. Rozděluje se obvykle do dvou hlavních kategorií: kompaktní a modulární PLC. Tato rozdělení se obecně týkají fyzického uspořádání PLC a možností rozšíření. Tento projekt vrtacího stroje není nijak náročný z hlediska počtu vstupu a výstupu, proto jsem použil kompaktní PLC od firmy Schneider Electric.

a) **Kompaktní PLC:**

- Kompaktní PLC (viz obr. č. 3) má všechny potřebné součástky obsaženy v jednom těle.
- Jsou vhodné pro menší aplikace, kde není potřeba velkého množství vstupů a výstupů. Mají pouze omezené rozšiřující možnosti.



Obr. č. 3 kompaktní PCL Schneider Electric SR2B121BD

b) **Modulární PLC:**

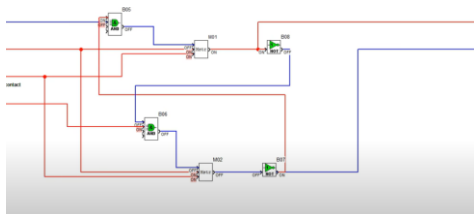
- Modulární PLC se skládá z oddělených modulů, které mohou být rozšířeny nebo nahrazeny podle potřeby. Základní jednotka obsahuje obvykle pouze procesor. Dle rozsahu projektu se potom přidávají další moduly.
- Jsou vhodná pro rozsáhlejší a komplexnější aplikace. Modulární design umožňuje snadné rozšíření a úpravy.



Obr. č. 4 modulární PLC Schneider Electric M340

2.2.1

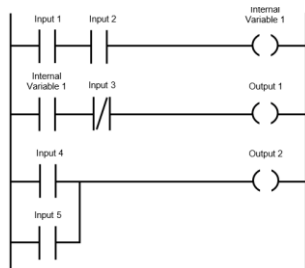
Function Block Diagram (FBD) je grafický programovací jazyk, který se používá k návrhu a popisu chování řídicích systémů průmyslových procesů. Je běžně využíván v oblasti programovatelných logických automatů (PLC). Tento jazyk jsem použil v uvedeném projektu.



Obr. č. 5 ukázka programovacího jazyka FBD

2.2.2

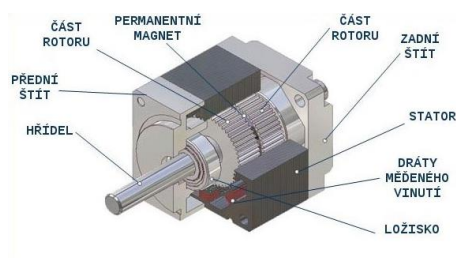
LD – Ladder Diagram jazyk kontaktních schémat je obdobou liniového schématu v elektrotechnice. Má zjednodušené symboly. Spínací kontakty jsou dvojice svislých čar, cívky mají značku dvojicí závorek a funkční bloky jsou reprezentovány pomocí obdélníkových značek.



Obr. č. 6 ukázka programovacího jazyka LD

2.3

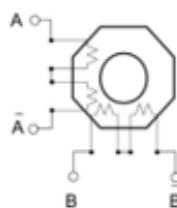
Krokové motory jsou bezkartáčové stejnosměrné motory. Jedna otočka je rozdělena na daný počet kroků. Většinou bývá jedna otočka (360°). Je rozdělena na 200 kroků, což znamená, že při jednom kroku se motor pootočí o $1,8^\circ$. Tyto motory můžeme rozdělit do dvou skupin: bipolární a unipolární. Ovládání krokových motorů se provádí pomocí speciálních řadičů nebo mikro-kontrolérů, které generují sekvenci impulzů pro přesné ovládání kroků. Tato technologie je široce využívána v průmyslu, robotice, lékařských přístrojích a dalších oblastech, kde je potřeba přesné a spolehlivé pohybové řešení. V projektu jsem použil krokové motory velikosti **NEMA17** s bipolárním zapojením.



Obr. č. 7 krokový motor

2.3.1

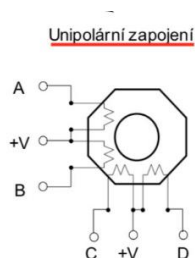
Bipolární krokové motory mají dvě cívky umístěné proti sobě s opačným elektrickým proudem. To znamená, že pro pohyb motoru je třeba měnit směr proudu v obou cívkách. Tato konstrukce poskytuje vysoký výkon a precizní řízení, což je vhodné pro náročné aplikace, jako jsou CNC stroje nebo tiskárny.



Obr. č. 8 schéma bipolárního krokového motoru

2.3.2

Unipolární krokové motory mají čtyři nebo pět cívek, z nichž každá má své vlastní napájení. Tím lze dosáhnout pohybu motoru pouze jedním směrem. Unipolární motory jsou obvykle jednodušší na ovládání a levnější, což je dělá vhodnými pro aplikace, kde není vyžadována extrémní přesnost.



Obr. č. 9 schéma unipolárního krokového motoru

2.4

Ovladače krokových motorů jsou klíčovým prvkem v automatizovaných systémech, které využívají krokové motory. Tyto ovladače se používají v mnoha aplikacích, jako jsou CNC stroje, tiskárny, roboti a další zařízení, kde je potřeba přesné a spolehlivé pohybové řízení. Ovladače mají za úkol generovat řídicí signály pro krokové motory tak, aby se dosáhlo požadovaného pohybu. Ovladač, který jsem použil ve své práci má označení: DM 805-AI.

2.4.1

Ovladač DM 805-AI (viz obr. č. 10) je konkrétním modelem ovladače krokových motorů, který je navržen pro optimální řízení a kontrolu krokových motorů v různých aplikacích. DM 805-AI je plně digitální driver s vestaveným oscilátorem, takže u jednodušších aplikací dokáže pracovat samostatně bez nadřazeného systému. Nechá se na něm nastavit výstupní proud, krokování, rampa pro rozběh i za zastavení.



Obr. č. 10 ovladač DM 805-AI

Napájení a jištění je důležitý prvek v elektrických systémech, zejména ve strojírenství a automatizaci. Správné napájení a ochrana elektrických prvků jsou nezbytné pro bezpečný a spolehlivý provoz zařízení. Pro lepší diagnostiku poruch je lepší mít obvody jištěné ve více větvích, například vstupy odděleně a výstupy odděleně, motory a další výkonové prvky také odděleně.

- a) **Napájení** v této práci je stanoveno podle výpočtu odběru proudu jednotlivých prvků. Je zde také zahrnuta proudová špička při zapnutí stroje, jelikož dochází k nabíjení kondenzátoru v ovladačích krokových motorů, proto jsem stanovil výkon napájecího zdroje na 120W (24 V / 5 A).
- b) **Jištění** je rozděleno do tří okruhů. Okruh F1 jistí PLC, senzory a led signalizaci. Na základě měření jsem stanovil jištění tohoto okruhu na 1A. Okruh s jištěním F2 jistí výstupy a relé. Na základě měření jsem stanovil jištění na 1A. Okruh s jištěním F3 jistí motory a drivery. Na základě měření jsem stanovil jištění tohoto okruhu na 3A kvůli proudové špičce při zapnutí.

Jištění	Prvky	Spotřeba [mA]
F1(1A)	PLC	100
	Senzor x 5	75
	LED dioda x 4	80
	Světlo stroje	100
F2(1A)	Relé x 5	113
F3(4A)	Motor + driver x 3	2100
	Celkem	2568

Tabulka č. 1

2.6 Zbývající elektroinstalace

Indukční čidlo je zařízení, které detekuje přítomnost objektu. Tato čidla jsou často využívána v průmyslových strojích, aby sledovala přesnou polohu. V ročníkové práci jsem také využil indukční čidla jako snímače koncových pozic lineárních posuvů.



Obr. č. 11 indukční čidlo značky Festo

Relé je elektromagnetické spínačové zařízení, které umožňuje řídit elektrický obvod nebo spínat větší proudy a napětí pomocí menšího signálu. Relé mohou sloužit k přepínání, řízení a ochraně různých elektrických zařízení. V tomto projektu spíná relé řídicí signály pro motorové kontroléry.



Obr. č. 12 relé DIN EMG 10

2.7 Bezpečnostní zařízení a bezpečnostní prvky

Bezpečnostní prvky jsou nedílnou součástí strojů. Mají více funkcí, chránit nejen stroj, ale také zdraví obsluhy. V této práci je použito dvouruční ovládací zařízení a tlačítko centrálního stop.

Dvouruční ovládací zařízení

Toto bezpečnostní zařízení poskytuje opatření k ochraně obsluhy proti zásahu do nebezpečného prostoru během rizikových situací. Zařízení musí být navrženo tak, že obsluha musí použít obě ruce současně, jedna ruka vždy na jednom ovládacím tlačítku, teprve poté se stroj uvede do činnosti. Uvolnění buď jednoho, nebo obou ovládacích spouštěcích zařízení musí vyvolat přerušení výstupního signálu.



Obr. č. 13 jednotka dvouručního ovládání

Central stop tlačítko

Hlavním úkolem tlačítka je v co nejkratší době vypnout všechny posuvy a pohyby stroje. Slouží k nouzovému zastavení stroje v neočekávaných situacích.



Obr. č. 14 nouzové tlačítko centrálního stop

Ochrana před stykem s pohyblivými a živými částmi

Velmi důležitý bezpečnostní prvek. Ochrana před dotykem je řešena pomocí krytů. Pohyblivé části v této práci jsou zakrytovány polykarbonátovým sklem a plastem.

Závěr:

Výsledkem projektu je zařízení schopné automatizovaného procesu vrtání s vysokou efektivitou a bezpečností. Vytvořený vrtací stroj představuje integrovaný systém, který plně vyhovuje požadavkům na automatizaci vrtacího procesu. Vrtací stroj je kompaktní zařízení s jednoduchým ovládáním. Grafické rozhraní, které obsahuje PLC, nás informuje o stavu zařízení. Celkově lze říct, že kombinace PLC ve vrtacím stroji výrazně zlepšila a zjednodušila opakovatelnost vrtacího procesu. Tento stroj by mohl najít využití v menších výrobnách, kde se zpracovávají menší a lehčí díly. Osobně bych navrhoval přidání odsávání pilin k vrtacímu stroji, což by ještě více zvýšilo kvalitu a bezpečnost vrtání.

Seznam použité literatury:

<https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni>

<https://www.matis.cz/cs/kategorie/ps-trapezove-srouby>

<https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1902>

<https://www.se.com/cz/cs/product-category/3900-plc-pac-a-speci%C3%A1ln%C3%AD-kontrol%C3%A9ry/>

https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Instruction+sheet&p_File_Name=1724026_01A55-09.pdf&p_Doc_Ref=1724026_01A55

<https://www.se.com/cz/cs/product/SR2B121BD/compact-smart-rel%C3%A9-zelio-logic-12-i-o-24-v-dc-hodiny-displej/>

<https://www.elektroprumysl.cz/software/co-by-mel-kazdy-vedet-o-programovacich-jazycich-plc>

<https://coptel.cz/mod/page/view.php?id=6737>

https://ucebnaaut.wz.cz/wp-content/uploads/2018/03/plc_sw_Jazyky_IEC_61131_verse_b.pdf

<https://www.elektroprumysl.cz/software/programovaci-jazyky-plc>

<https://www.raveo.cz/aktualita/jak-funguje-krokovy-motor/>

https://www.servo-drive.cz/%C4%8Dasto_pokl%C3%A1dan%C3%A9_ot%C3%A1zky_o_krokov%C3%BDch_motorech.php

<https://www.tme.eu/cz/news/library-articles/page/41861/krokovy-motor-druhy-a-priklady-aplikaci-krokovych-motoru/>

<https://robotika.cz/articles/steppers/cs>

https://www.servo-drive.cz/%C4%8Dasto_pokl%C3%A1dan%C3%A9_ot%C3%A1zky_o_krokov%C3%BDch_motorech.php

<https://www.cncshop.cz/dm805-ai-driver-pro-2-f-km-80v-7a-analogovy-vstup/pro698.html>

<https://botland.cz/90-ovladace-krokovych-motoru>

<https://elektrika.cz/data/clanky/zaklady-dimenzovani-a-jisteni>

<https://publi.cz/books/260/04.html>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

<https://botland.cz/blog/indukcni-snimac-co-je-to-a-k-cemu-se-pouziva/>

<https://www.elektroprumysl.cz/elektronicke-prvky-a-systemy/dvourucni-ovladaci-zarizeni>

<https://www.maly.unas.cz/>

PŘÍRUČKA PRO ELEKTROTECHNIKA Ing. Klaus Tkotz a kol.

5) Seznam příloh

Příloha č. 1 Seznam obrázků a tabulek

Příloha č. 2 Seznam použitých děl

Příloha č. 3 Stručný návod k použití

Příloha č. 4 Výtisk programu v FBD

Příloha č. 5 Schéma v EAGLE

Příloha č. 1

Seznam obrázků a tabulek

Obr. č. 1 trapézový šroub

Obr. č. 2 řemenový převod Strana 8.

Obr. č. 3 kompaktní PCL Schneider Electric SR2B121BD

Obr. č. 4 modulární PLC Schneider Electric M340 Strana 9.

Obr. č. 5 ukázka programovacího jazyka FBD

Obr. č. 6 ukázka programovacího jazyka LD Strana 10.

Obr. č. 7 krokový motor

Obr. č. 8 schéma bipolárního krokového motoru

Obr. č. 9 schéma unipolárního krokového motoru Strana 11.

Obr. č. 10 ovladač DM 805-AI Strana 12.

Obr. č. 11 indukční čidlo značky Festo

Obr. č. 12 relé DIN EMG 10 Strana 14.

Obr. č. 13 jednotka dvouručního ovládání

Obr. č. 14 nouzové tlačítko centrální stop Strana 15.

Seznam tabulek

Tabulka č.1 Jištění Strana 13.

Příloha č. 2**Seznam použitých dílů**

Položka	Název	Typ	Počet kusů
1.	Elektrobox	GW44209	1
2.	PLC Schneider	SR2B122BD	1
3.	Driver Leadshine	DM805-AI	3
4.	Relé Phoenix contact	DEK 1,5	4
5.	Relé Finder	40.52	1
6.	Ovl. hlavice	M22-WRK3	1
7.	Ovl. hlavice	M22-DRP-R	1
8.	Jednotka spínací	M22-K10	8
9.	Jednotka spínací	M22-K01	1
10.	Tlačítko	R13-507	3
11.	Vypínač	15 A / 230 V 1.pol.	1
12.	Zdířka pro banánek	xxx	2
13.	Pojistkové pouzdro	xxx	3
14.	Potenciometr	R10kOhm	1
15.	Kontrolka	K460G	4
16.	Krokový motor Vexta	ST4118L-1804-A	1
17.	Krokový motor	PK244-01A-C68	1
18.	Krokový motor s převodovkou	PK243A1SG9	1
19.	Lineární posuv - šroubový		1
20.	Lineární posuv - ozubený řemen		1
21.	Snímač indukční M8	Balluff řada M08EE	4
22.	Snímač indukční M5	Balluff BES 516-3005	1
23.	Senzorový kabel s konektorem M8 přímí	Festo NEBU-M8G3	2
24.	Senzorový kabel s konektorem M8 úhlov.	Festo NEBU-M8W3	3
25.	Průchodka M20	M20-MGM	2
26.	Kabelový žlab 60 x 30	RH229208	0,5 m
27.	DIN lišta	DIN 35 x 7,5	0,1 m
28.	Sklíčidlo mini	0,3-4 mm, D 5 mm	1
29.	LED modul	CCT 24 V / 2 W	1

Příloha č. 3

Stručný návod k použití

1. Přivedení napájení 24 V:

- Připojte vrtací stroj ke zdroji externího napájení s napětím 24 V/ 5 A.

2. Zapnutí hlavního vypínače:

- Hlavní vypínač naleznete na pravé straně rozvaděče, kde ho přepněte do horní polohy.

3. Kontrola základní polohy stroje:

- Zkontrolujte, zda svítí kontrolka **H1** a **H4**.
- Pokud nesvítí jedna z nich nebo obě, tak za současného stisku tlačítka **S3** a tlačítka se šipkou na PLC posunete vertikální nebo horizontální osu do základní polohy (musí svítit kontrolky H1 a H4).

4. Zapnutí směru otáčení vřetena a nastavení rychlosti otáček:

- Zapněte směr točení vřetena vrtačky podle použitého vrtáku přepínačem **S4**.
- Nastavte požadovanou rychlost otáček potenciometrem **R1**.
- Současně by mělo svítit světlo ve stroji.

5. Vložení dílu a spuštění vrtání:

- Vložte díl, který chcete vrtat.
- Stiskněte obě tlačítka **S1** a **S2** umístěná po stranách stroje současně.
- Držte tlačítka, dokud nedojede vrtaný díl pod vřeteno vrtačky, což je signalizováno kontrolkou H2, poté můžete pustit tlačítka.

6. Vrácení do výchozí polohy:

- Po dokončení vrtání se automaticky vrátí vřeteno vrtačky nahoru.
- Díl se zároveň vrátí zpět do vkládací pozice.

7. Vyjmutí hotového dílu:

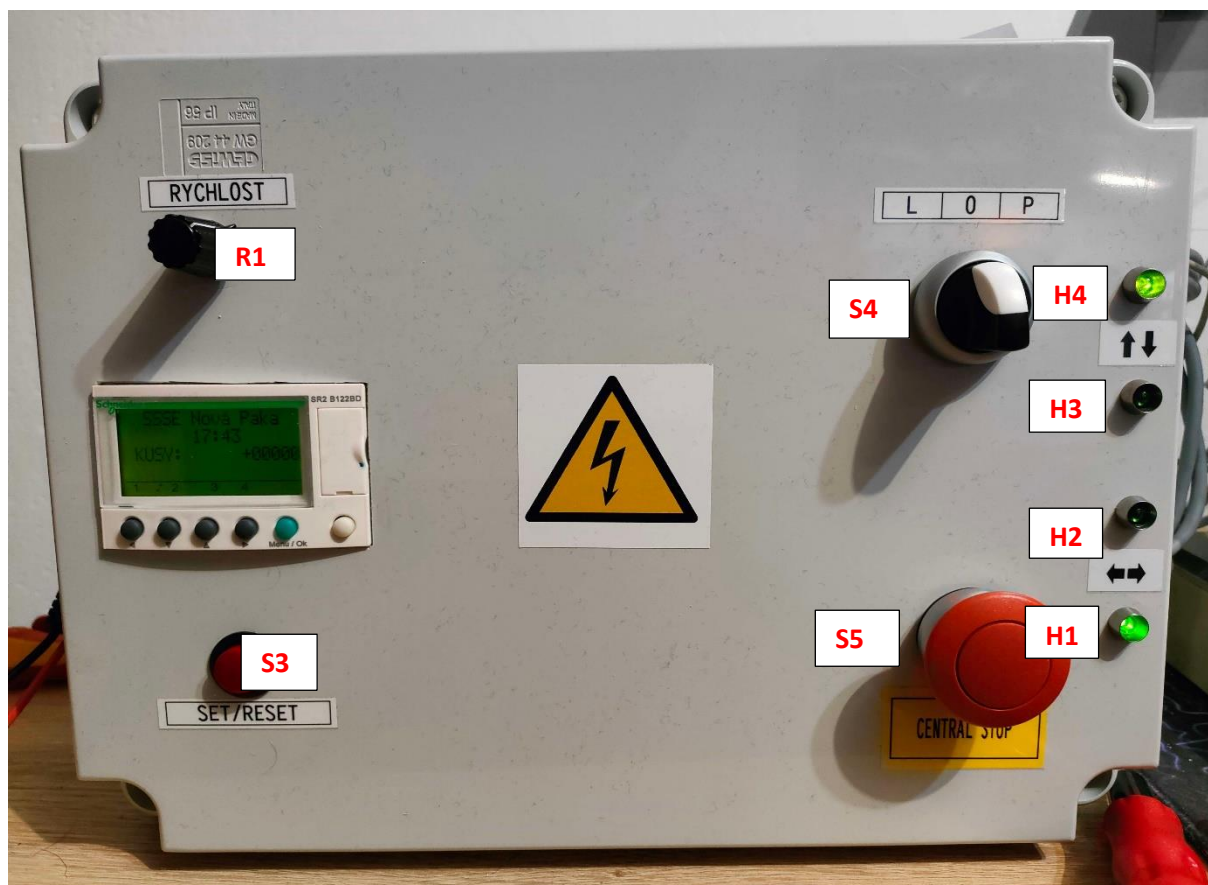
- Vyjměte hotový díl a připravte vrtací stroj na další práci.

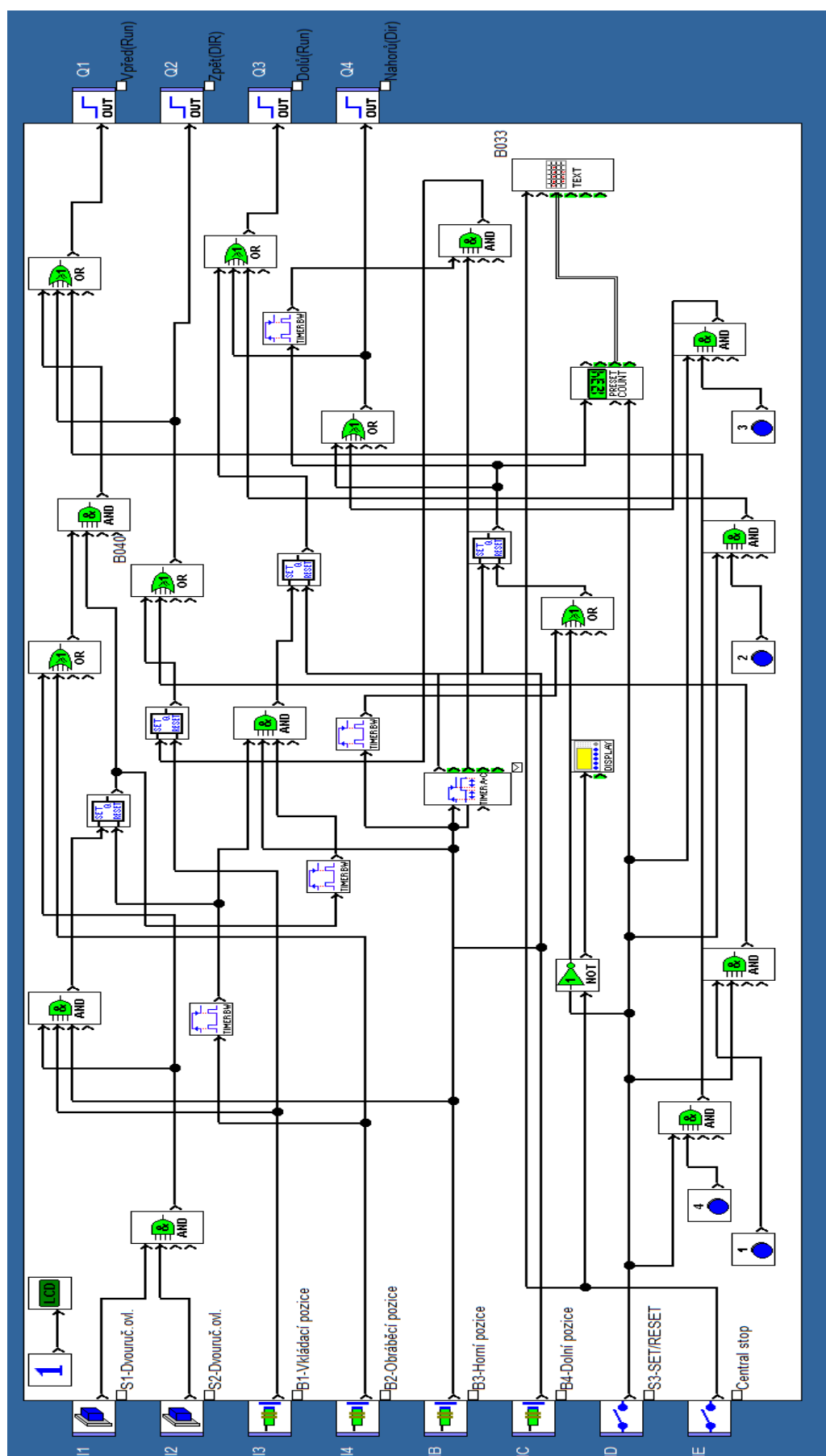
8. Vypnutí v nouzi:

- V případě kolizního nebo jakéhokoli nebezpečného stavu je nutné zmáčknout tlačítko **S5** – centrální stop.

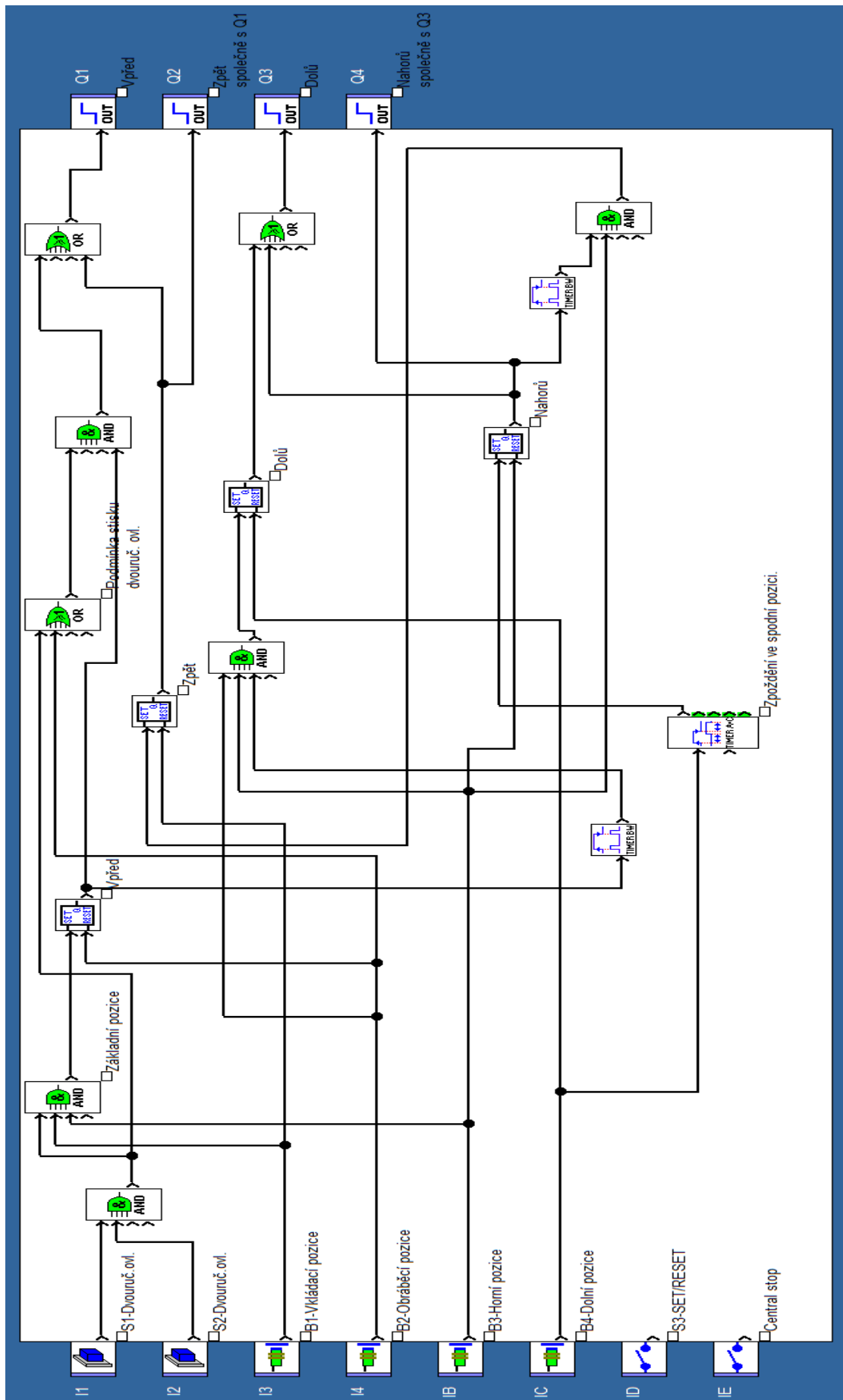
9. Vypnutí stroje:

- Jako první vypněte otáčky vřetena přepínačem **S4** do polohy **0**.
- Nakonec vypněte hlavní vypínač vrtacího stroje.





Hlavní část programu



1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

D

E

Automatický vrtací stroj řízený PLC

page 1-5 Elektro dokumentace

page 6 Blokové schéma

page 7 Vybavení rozvaděče

page 8 Ovládací panel

1

2

3

4

5

6

7

8

A

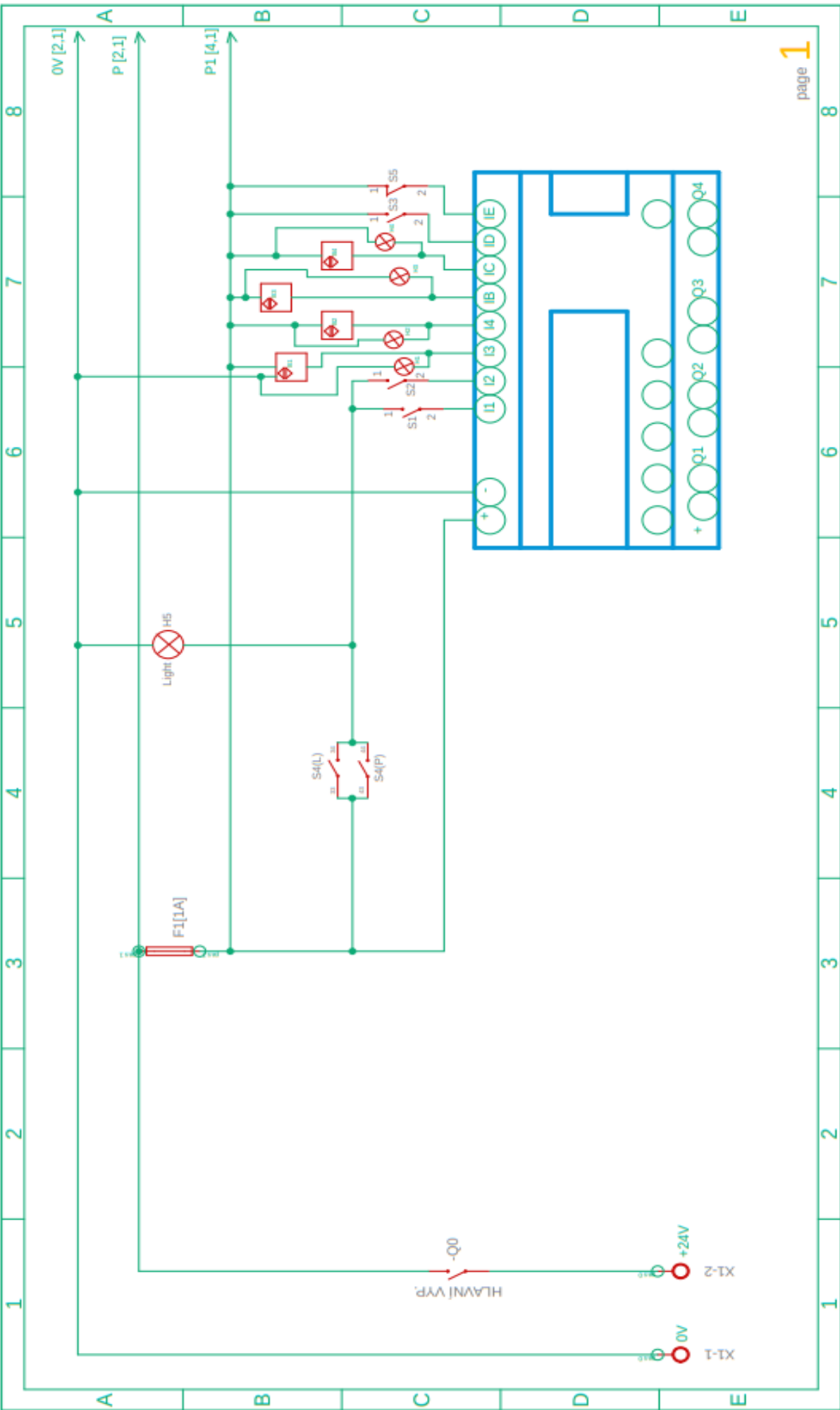
B

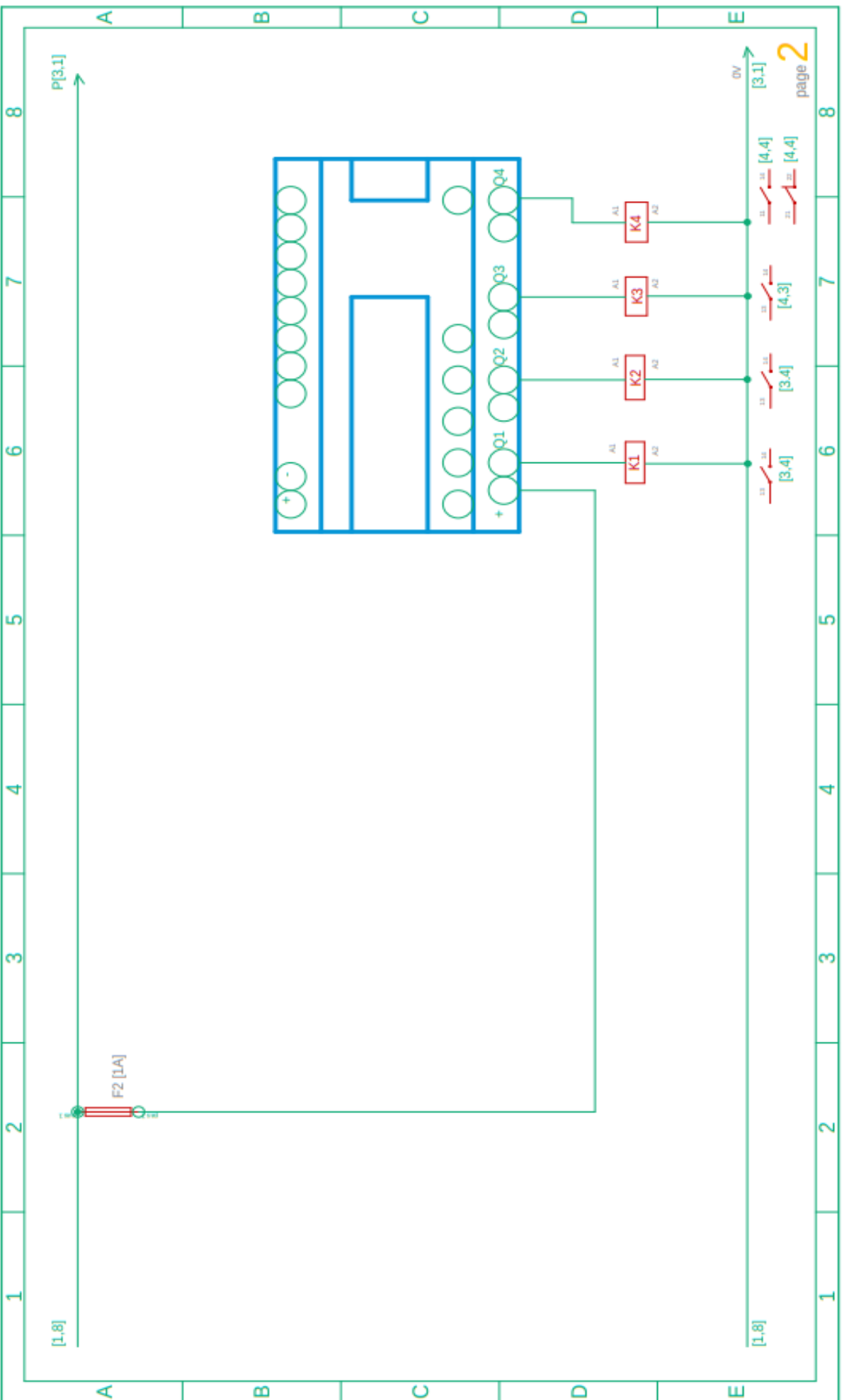
C

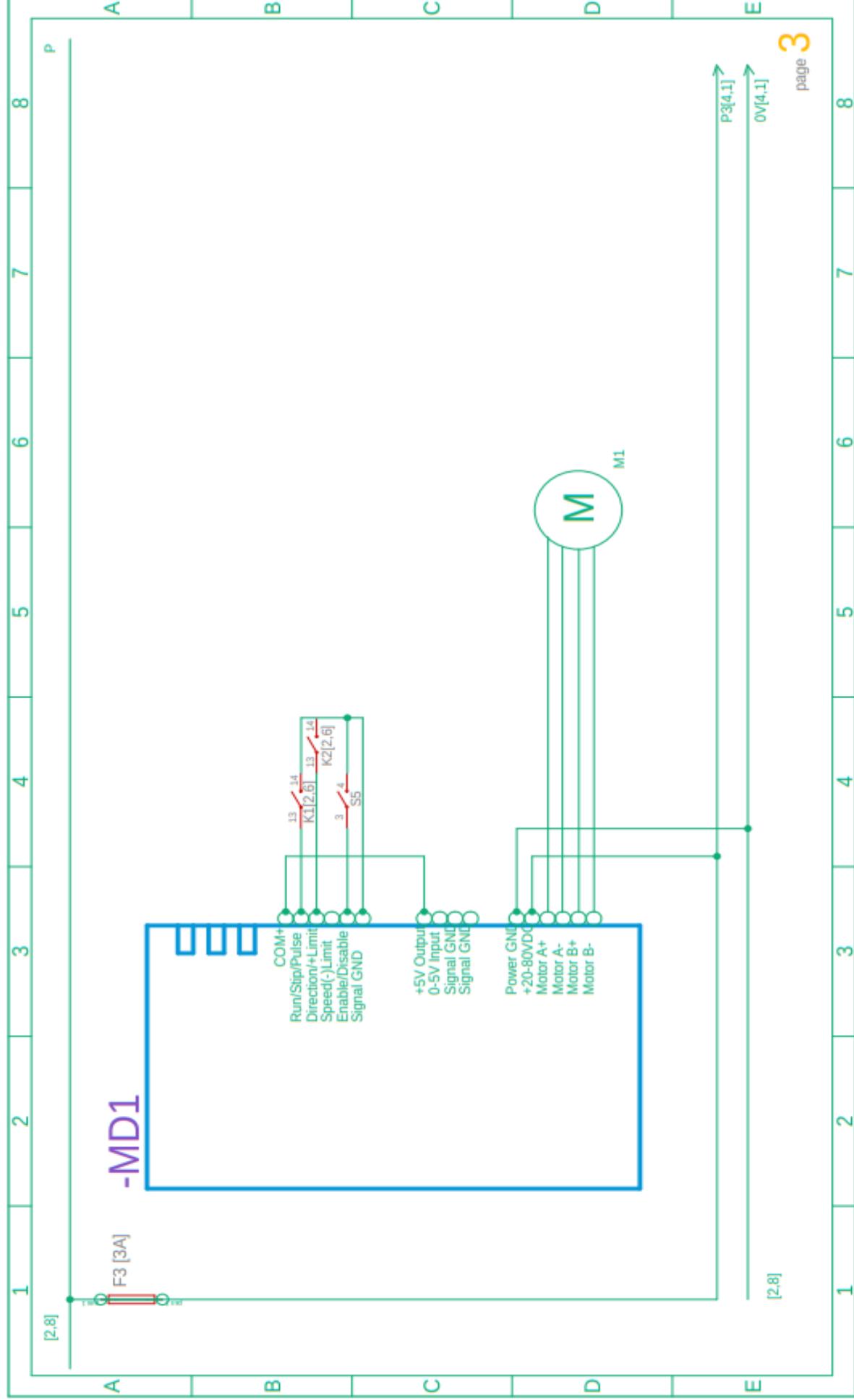
D

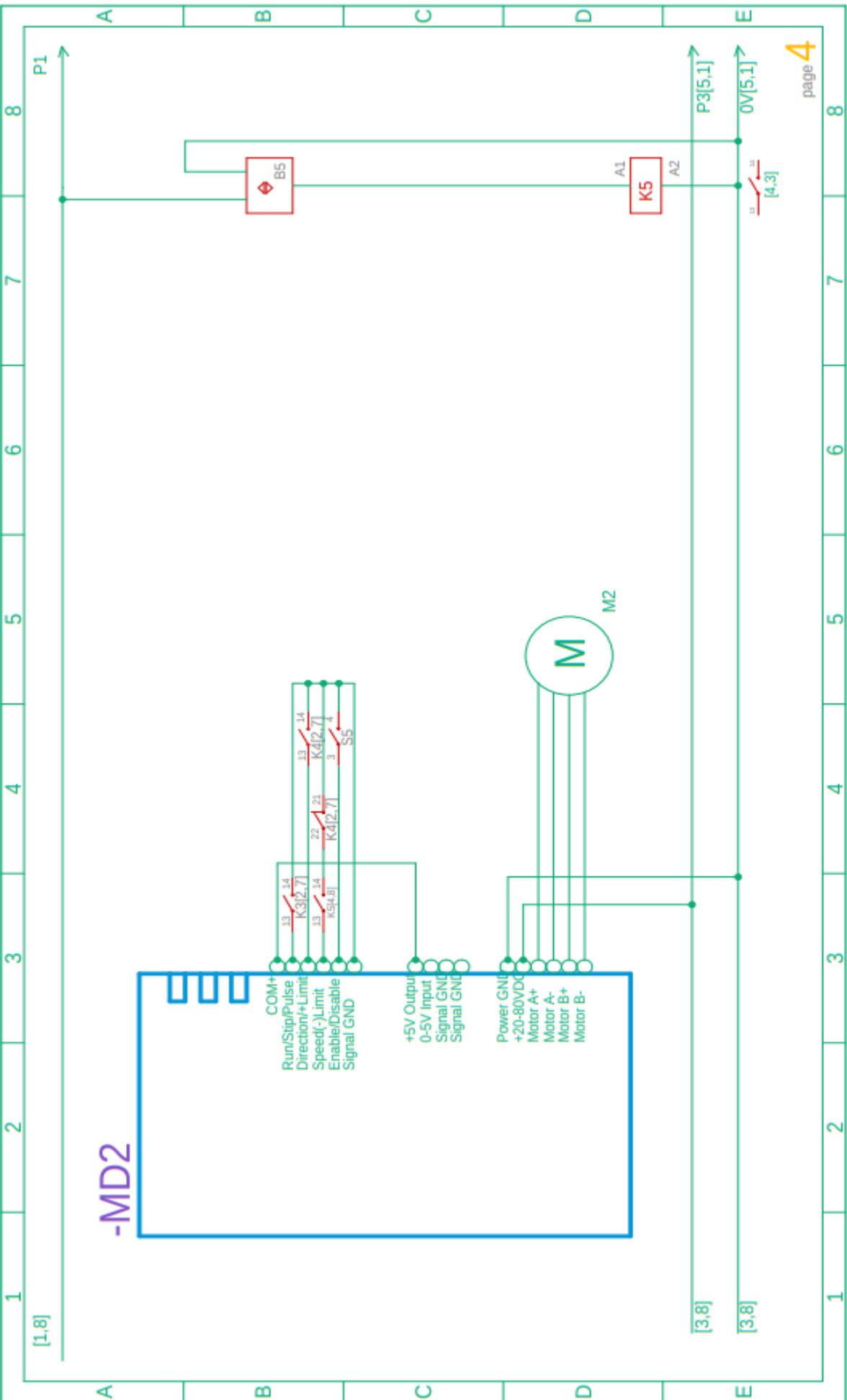
E

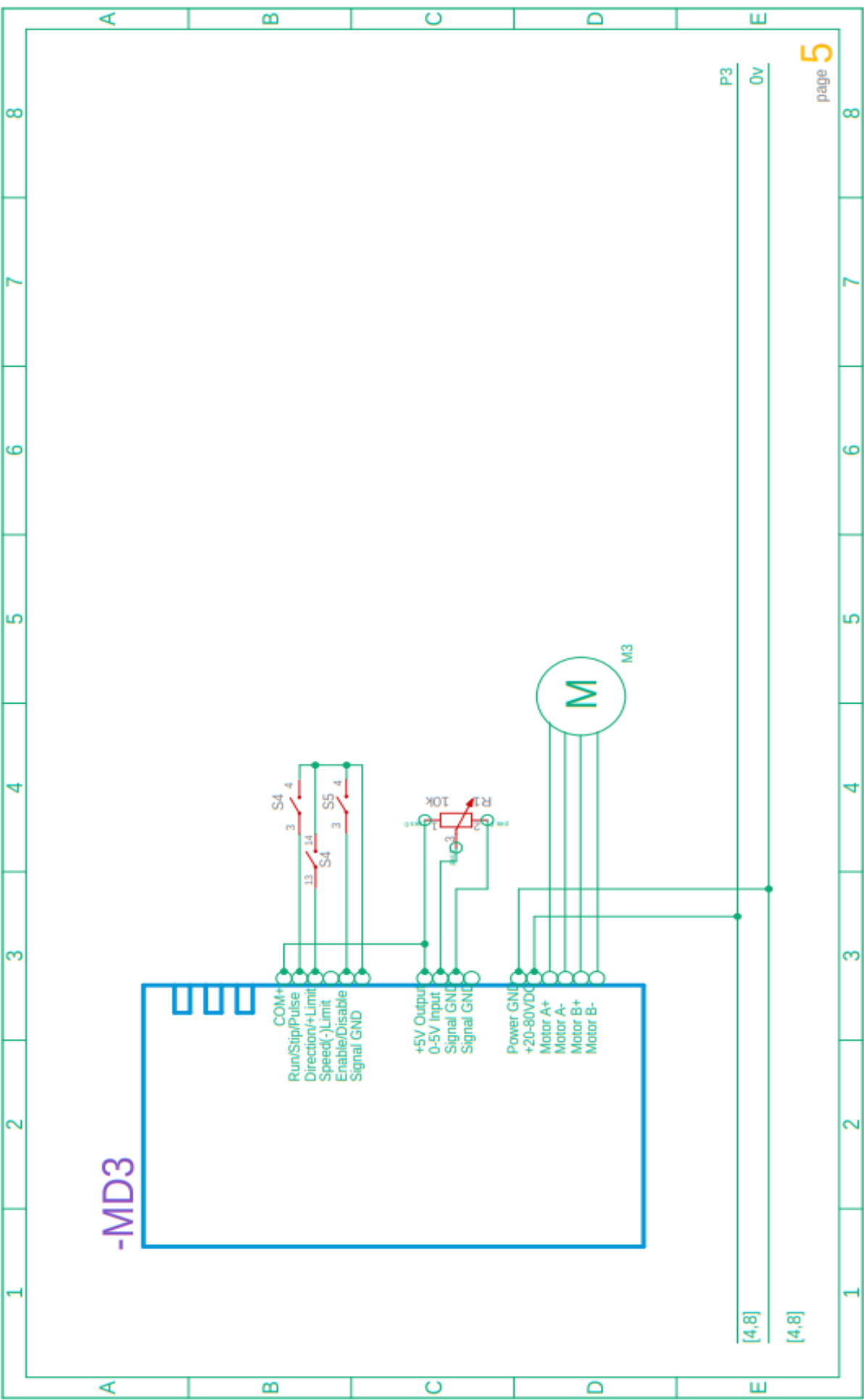
page 0

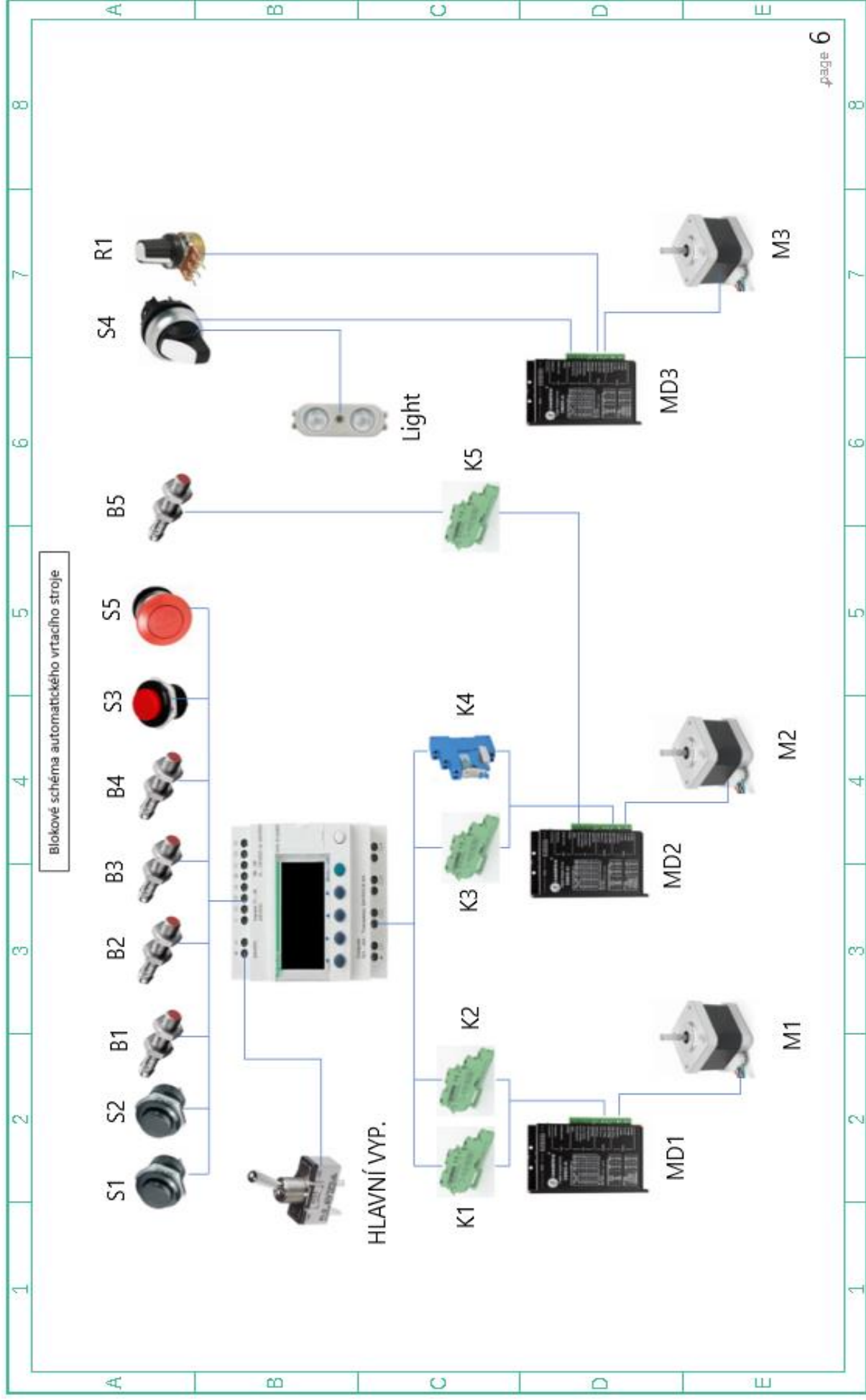


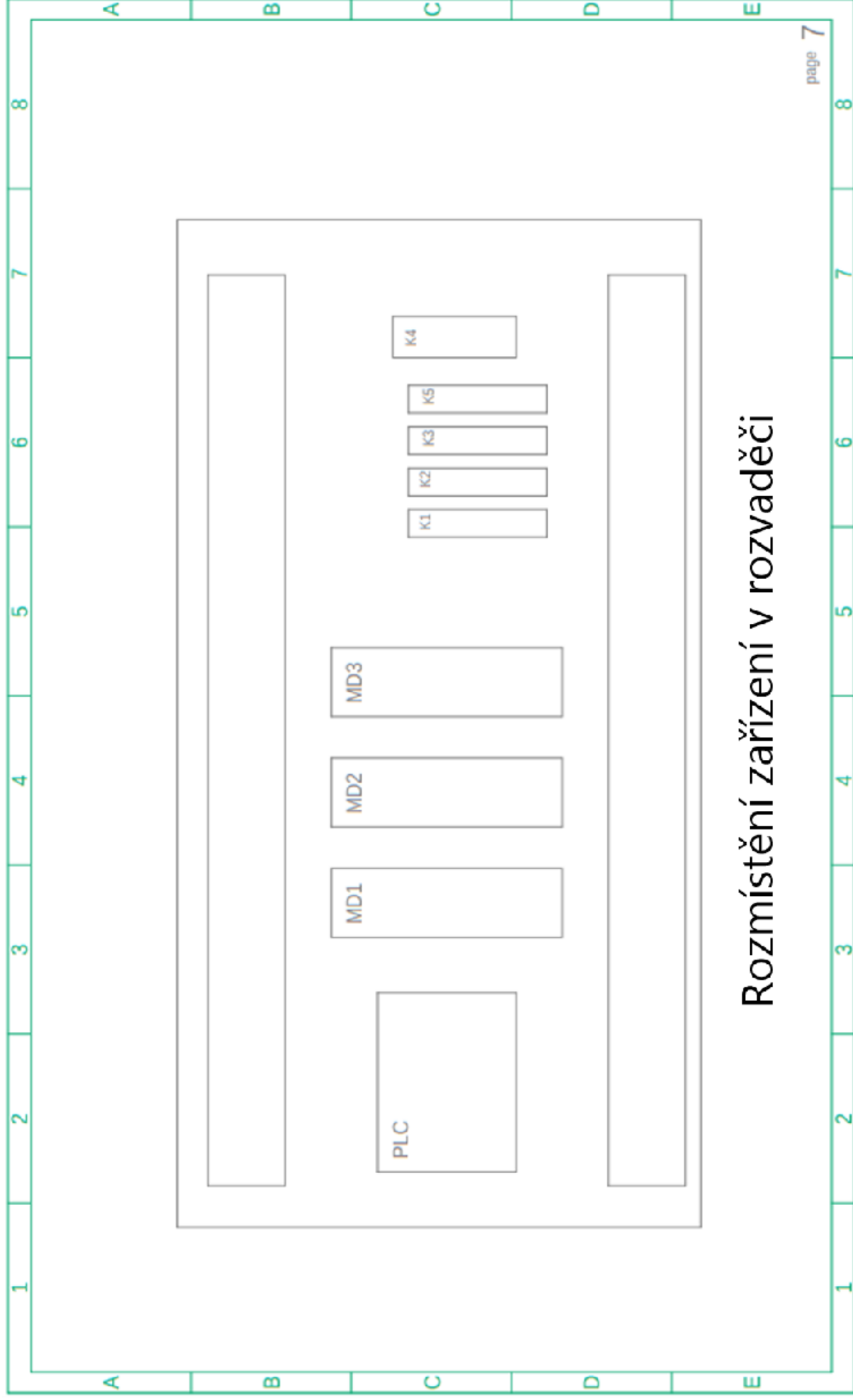


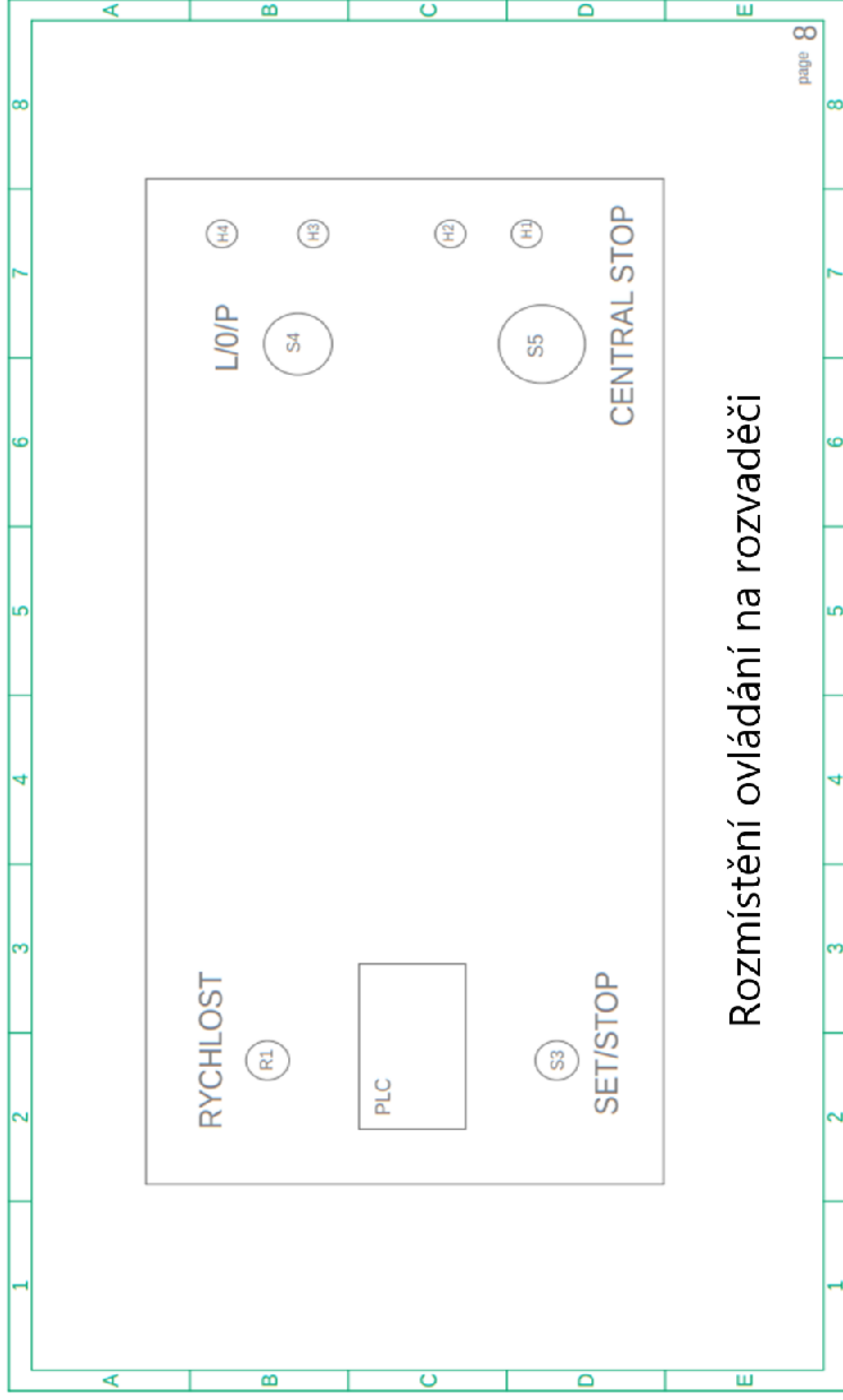












Rozmístění ovládání na rozvaděči